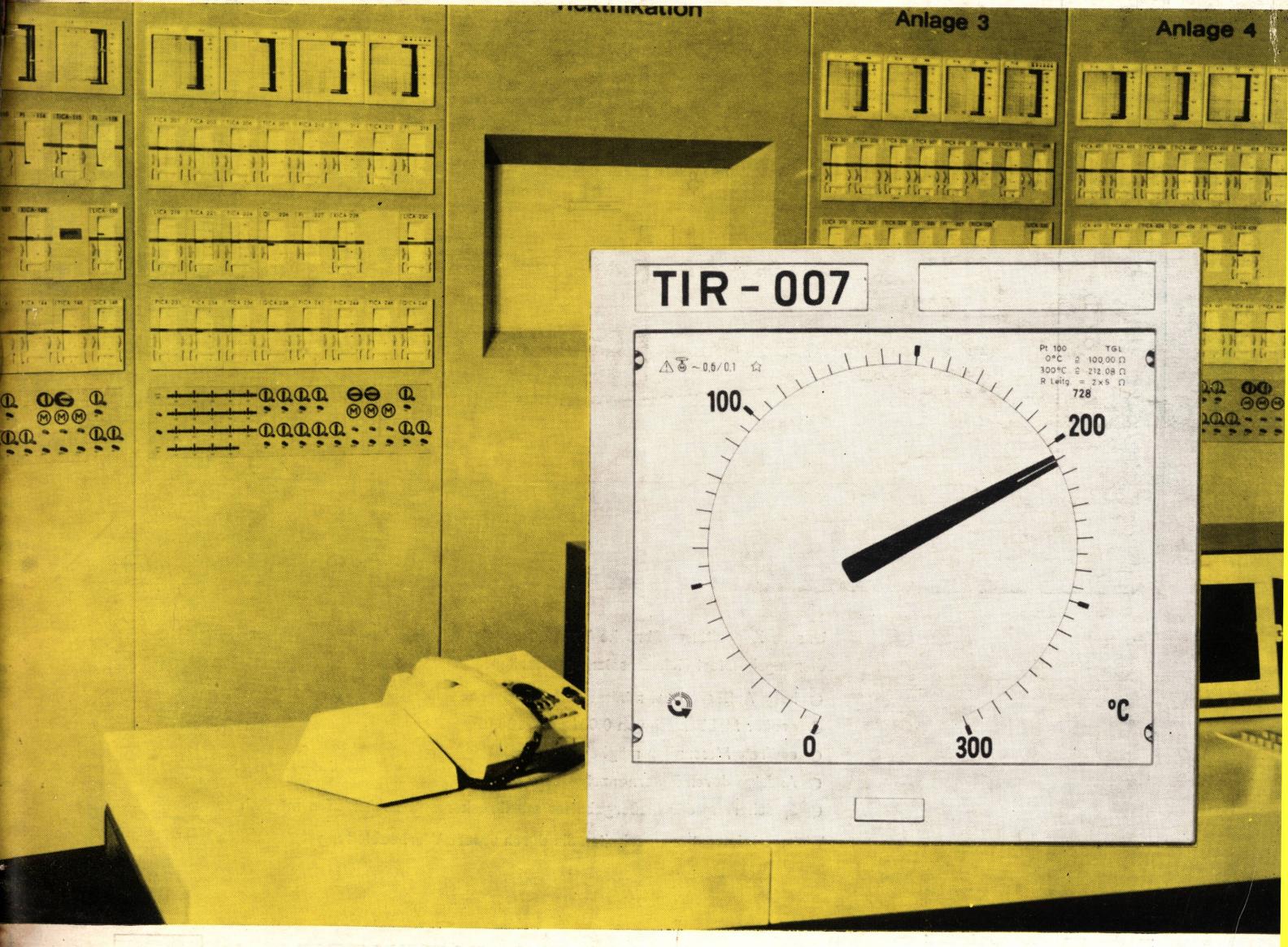
11
1970

8215

messen·steuern·regeln

13. Jahrgang · Heft 11 · November 1970 · Verlagspostamt Leipzig · Heftpreis 4,— M

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN



Betriebsmotorkompensator BMKA als Anzeiger

Universell einsetzbar durch:

— Hohe Meßgenauigkeit
— Auswechselbare Meßbereiche
— Gute Service-Eigenschaften
— Einbaumöglichkeit für pneumatische Wandler, elektrische Regeleinrichtung und Folgepotentiometer

VEB
KOMBINAT MESS- UND
REGELUNGSTECHNIK
MESSGERÄTEWERK
ERICH WEINERT MAGDEBURG

11 110
11 111
11 112
11 113
11 114
11 115
11 116
11 111
11 11
11 1
11 1
11 1
11 1
11 1
11 1
11 1
11 123

Vorteile der Digitaltechnik ermöglichen rationelles Messen

Unsere Kapazitätsmeßbrücke Typ 1514 bietet durch seinen erhöhten Bedienungskomfort viele Einsatzmöglichkeiten.

- hohe Auflösung bei minimaler Fehlergrenze
- großer Meßbereich von 0,001 pF···100 µF
- erdfreie Messungen möglich
- Anzeige durch Ziffernanzeigeröhren
- Speicherung der Meßergebnisse mit Drucker und Lochstreifen möglich

Weitere Informationen erhalten Sie durch unsere Werbeabteilung

RFT

KOMBINAT VEB FUNKWERK ERFURT

DDR-50 Erfurt **Rudolfstraße 47** **Telefon 580**

messen · steuern · regeln
Scientific-Technical Journal on Automatic Control
VEB Verlag Technik, Berlin
Vol. 13, November 1970, No. 11, pp. 401–440
(The following summaries may be reprinted)

Richter, W. and *D. Zappe:* IA 3.2.4.1

Characterization of Methods for Process Measurement

msr **13** (1970) No. 11, pp. 412–415

In measuring processes measurements of elementary objects and elementary phenomena as well as measurements of totolities are to be distinguished one from the other. The first group arises particularly in the state of research whereas the second one is suited for continuous process control. Experimental radiometric studies of a turbulent layer model have been carried out since the corresponding principles gain more and more importance in the chemical technology (turbulent layer technologies).

Veltman, B. P. Th.: IA 5.6.2

Measurements and Modern Technology of Electronic Devices in Small Series Production

msr **13** (1970) No. 11, pp. 420–425

Thick film technology is recommended for the patterns of printed-circuit cards of electronic single-unit devices. Reasonable investments and the application of computeraided design methods for circuit layout allow a rapid development. The design method with graphic input table, computer and numerically controlled projection head is sketched. Two examples of new devices corresponding to the mentioned aspects are presented.

Bartsch, H.-J.: IA 5.6.2.1

Sub-Assembly Systems and Application of Numerical Control

msr **13** (1970) No. 11, pp. 425–429

The author explains the position of the numerical control within the automation hierarchy and characterizes the overall numerical system with taking into account its advantages. The inner structure of the numerical control and the absolute control in particular are explained, the field of application being outlined. Furthermore the author presents considerations concerning the measuring technique as well as adaptive control, a classification of control modes and finally a prospect with regard to fabrication systems.

Fischer, M.: IA 4.6.1.2

On Dimensioning Electrohydraulic Drive Control Loops with Particular Regard to Amplifier Drift and Load

msr **13** (1970) No. 11, pp. 432–434

For the most important interfering variables of electrohydraulic control loops, the motor load and the amplifier drift, one calculates the resulting static control errors. From this one may derive dimensioning rools for the transfer factors (dropping resistor and static gain of the control amplifier, feedback resistance of the tachometer dynamo) which in general can be independently selected.

Pätz, L.: IA 6.7

Design of an Uniform Decision and Information System – Studied by Means of the Partial System „Maintenance"

msr **13** ap (1970) No. 11, pp. 207–209

Starting from a proposal for the relevant and temporal arrangement of an uniform decision and information system the author considers the partial system "maintenance". Besides an uncomplete description of a decision field one explains a form of normal formation which can be easily transformed into an algorithm and is based upon maintenance technologies. Finally, different forms of data collecting are outlined, the data bank problem being mentioned.

Stuart, A. U.: IA 3.2.1.1; 5.6.2.0

Application of a Direct Measuring Method for a Lathe with Sequential Control

msr **13** ap (1970) No. 11, pp. 212–214

A direct pneumatic measuring system applied to a lathe with sequential control is explained with particular regard to theoretic and practical aspects. Difficulties concerning the measuring system design are discussed. Different parameters influencing the calibration of the measuring system are considered. The contribution is to convince the engineers of the advantages arising from the use of cheap direct measuring systems.

Lippmann, W. and *M. Bender:* IA 5.5.4.5

Replacing the Centrifugal Force Controller by a Contactless Controller for Drives with Universal Motors

msr **13** ap (1970) No. 11, pp. 214–217

The authors describe circuits allowing a speed control with nearly no loss. Temperature dependance, long time stability and power supply dependance of the speed are more favorable than in the case of the studied drives with centrifugal force controller. All circuits are implemented in the form of sub-assemblies. The advantages of the electronically controlled drive are accompanied by the shortcoming of a higher price.

messen · steuern · regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik
VEB Verlag Technik, Berlin,
13. Jahrgang, November 1970, Heft 11, Seiten 401–440
(der Nachdruck der folgenden Angaben ist gestattet)

Richter, W., und *D. Zappe:* IA 3.2.4.1

Charakterisierung von Methoden zur Prozeßmessung

msr 13 (1970) H. 11, S. 412–415

Bei Messungen von Prozessen sind Messungen an Elementarobjekten und Elementarvorgängen sowie Messungen an Gesamtheiten zu unterscheiden. Die erste Gruppe tritt vor allem im Forschungsstadium auf, während sich die zweite zur kontinuierlichen Prozeßführung eignet. Experimentell wurden radiometrische Untersuchungen an einer Modell-Wirbelschicht vorgenommen, da entsprechende Prinzipien in der chemischen Verfahrenstechnik (Wirbelschichttechnologien) ständig an Bedeutung zunehmen.

Veltman, B. P. Th.: IA 5.6.2

Messungen und moderne Technologie von elektronischen Geräten bei Kleinserienfertigung

msr 13 (1970) H. 11, S. 420–425

Dickfilmtechnologie empfiehlt sich für Leiterplattenmuster von elektronischen Einzelgeräten. Vernünftige Investitionen und die Anwendung von auf Rechnern aufgebauten Entwurfsmethoden für die Auslegung der Schaltungen gestatten eine schnelle Entwicklung. Das Entwurfsverfahren mit grafischer Eingabetafel, Rechner und numerisch gesteuertem Projektionskopf wird skizziert. Zwei Beispiele von neuen Geräten, für die die genannten Gesichtspunkte zutreffen, werden vorgestellt.

Bartsch, H.-J.: IA 5.6.2.1

Baugruppensysteme und Anwendungen numerischer Steuerungen

msr 13 (1970) H. 11, S. 425–429

Die Stellung der numerischen Steuerung (NC) in der Automatisierungshierarchie wird dargelegt, das Gesamtsystem „Numerik" unter Angabe seiner Vorteile charakterisiert. Die innere Struktur der NC, besonders der absoluten Steuerung BNC 3, wird erläutert. Die Anwendungsbreite wird aufgezeigt. Es folgen Betrachtungen zur Meßtechnik sowie eine Klassifizierung der Steuerungsarten. Mit Betrachtungen zu adaptiver Regelung und der vorausgesagten Wandlung der NC zur Rechnerperipherie und einem Ausblick auf Fertigungssysteme schließt der Beitrag.

Fischer, M.: IA 4.6.1.2

Über die Dimensionierung elektrohydraulischer Antriebs-Regelkreise unter besonderer Berücksichtigung der Verstärkerdrift und der Belastung

msr 13 (1970) H. 11, S. 432–434

Für die beiden wichtigsten Störgrößen von elektrohydraulischen Regelkreisen, die Motorbelastung und die Verstärkerdrift, werden die sich ergebenden statischen Regelabweichungen berechnet. Daraus können die Dimensionierungsvorschriften für die im allgemeinen frei wählbaren Übertragungsfaktoren (Vorwiderstand und statischer Verstärkungsfaktor des Regelverstärkers, Rückführwiderstand des Tachodynamos) abgeleitet werden.

Pätz, L.: IA 6.7

Aufbau eines ganzheitlichen Entscheidungs- und Informationssystems [GEI], untersucht am Teilsystem Instandhaltung

msr 13 ap (1970) H. 11, S. 207–209

Ausgehend von einem Vorschlag für die sachliche und zeitliche Gliederung eines GEI wird das Teilsystem Instandhaltung betrachtet. Neben der unvollständigen Beschreibung eines Entscheidungsfeldes wird eine leicht algorithmierbare Form der Normativbildung auf der Basis von Instandhaltungstechnologien erläutert. Schließlich werden verschiedene Formen der Datenerfassung aufgezeigt und Ausführungen zur Problematik Datenbank gemacht.

Stuart, A. U.: IA 3.2.1.1; 5.6.2.0

Anwendung eines direkten Meßverfahrens auf eine Drehmaschine mit Folgesteuerung

msr 13 ap (1970) H. 11, S. 212–214

Ein auf eine Drehmaschine mit Folgesteuerung angewandtes direktes pneumatisches Meßsystem wird unter Beachtung theoretischer und praktischer Gesichtspunkte erläutert. Es werden Schwierigkeiten, die sich aus dem Entwurf des Meßsystems ergeben und die verschiedenen Parameter, die die Eichung des Systems beeinflussen, diskutiert.

Lippmann, W., und *M. Bender:* IA 5.5.4.5

Ersatz des Fliehkraftreglers durch einen kontaktlosen Regler bei Antrieben mit Universalmotoren

msr 13 ap (1970) H. 11, S. 214–217

Es werden Schaltungen beschrieben, die eine nahezu verlustlose Drehzahlregelung gestatten. Temperaturabhängigkeit, Langzeitkonstanz und Netzspannungsabhängigkeit der Drehzahl sind günstiger als bei den untersuchten Antrieben mit Fliehkraftregler. Sämtliche Schaltungen wurden als Bausteine aufgebaut. Den Vorteilen des elektronisch geregelten Antriebes steht als Nachteil der höhere Preis gegenüber.

Noch lieferbar:

STAMMBERGER

Nomogramme

Zeitsparende Arbeitsmittel zum Erleichtern der Rechenarbeit. Sie besitzen eine ausreichende Ablesegenauigkeit und behandeln in der Mehrzahl Probleme der Elektrotechnik und andere damit im Zusammenhang stehende Fragen.

76 Nomogramme im Format A 4, broschiert 18,50 M

WEGRZYN

Operatorenrechnung in der Elektrotechnik

Aus dem Polnischen. 300 Seiten, 187 Abbildungen, Kunstleder 28,— M

Nach einer kurzen Darstellung der wichtigsten allgemeinen mathematischen Sätze und Zusammenhänge wird die Theorie an zahlreichen Beispielen aus der Praxis erläutert und dem Lesenden Gelegenheit gegeben, rechnerische Sicherheit zu erlangen. Erst beim Übergang zu komplizierten Beispielen werden die hierzu erforderlichen weiteren mathematischen Begriffe und Zusammenhänge behandelt. Die Art und Weise der Darstellung ermöglicht dem in der Praxis stehenden Ingenieur, ohne systematisches Studium des ganzen Buches einzelne Probleme und Aufgaben durchzunehmen.

Lieferbare Bände der

Ergänzungsreihe zur Reihe Automatisierungstechnik

Jeder Band etwa 100 Seiten, mit zahlreichen Abbildungen, broschiert 4,80 M

Iljin: Fernsteuerung dezentralisierter Anlagen

Katys: Pyrometer für die Regelung und Überwachung wärmetechnischer Anlagen

Krug/Krug: Elektrische Korrekturglieder in Regelkreisen

Roisen/Mednikowa: Magnetverstärker in automatisierten Gleichstromantrieben

Smolow: Rechenwandler mit digital gesteuerten Widerstandsnetzwerken

Ulanow: Störgrößenaufschaltung

Durch jede Buchhandlung erhältlich

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

messen steuern regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik

Inhaltsverzeichnis

November 1970

(Auf nebenstehend angeordnetem Schmalblatt befinden sich Inhaltsangaben der mit einem ● versehenen Aufsätze)

Buchbesprechungen 403

msr-aktuell 403

Standpunkt 405
Von *H. Killiches*, Berlin

Aufsätze

Das Stellglied — eine Grundlage für das Maß der Automatisierung 406
Von *G. Döhn*, Dresden

Informationstheoretische Analyse der Genauigkeit analoger und digitaler Meßverfahren (Teil II) 409
Von *E.-G. Woschni*, Karl-Marx-Stadt

Charakterisierung von Methoden zur Prozeßmessung ● 412
Von *W. Richter* und *D. Zappe*, Dresden

Anwendung problemorientierter Programmiersprachen 415
Von *D. Kochan*, Jena

Messungen und moderne Technologie von elektronischen Geräten bei Kleinserienfertigung ● 420
Von *B. P. Th. Veltman*, Delft/Niederlande

Baugruppensysteme und Anwendungen numerischer Steuerungen ● 425
Von *H.-J. Bartsch*, Karl-Marx-Stadt

Reduktion der Anzahl der Zeitkonstanten eines analogen linearen Systems 429
Von *L. Claßen* und *M. Peschel*, Karl-Marx-Stadt

Dimensionierung elektrohydraulischer Antriebs-Regelkreise unter besonderer Berücksichtigung der Verstärkerdrift und der Belastung ● 432
Von *M. Fischer*, Gera

Iterativer Analogrechner MEDA 41 TC 435
Von *K. Kabeš*, Prag/ČSSR

Numerische Klassifikationsverfahren 438
Von *R. Peipmann*, Dresden

Die Zeitschrift dient der Vermittlung von Forschungsergebnissen aus den Gebieten der theoretischen Grundlagen der Meßtechnik, Prozeßüberwachung und automatischen Steuerungstechnik sowie von Ergebnissen aus Forschung und Entwicklung des Geräte- und Anlagenbaues. Ferner ist der Austausch von Erfahrungen aus der Automatisierungspraxis unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten Bestandteil der Zeitschrift. Der Veröffentlichungen von wissenschaftlichen Originalarbeiten sowie den Veröffentlichungen des wissenschaftlichen Erfahrungsaustausches wird vorrangig Platz eingeräumt. Bei der Behandlung der Fragen, die eine Steigerung der Produktqualität und Arbeitsproduktivität beinhalten, werden besonders die ökonomischen Gesichtspunkte bei der Konstruktion von Geräten und Anlagen Berücksichtigung finden. Einen breiten Teil widmet die Zeitschrift Informationen und Auswertungen von Fachmessen, Symposien, Konferenzen und dgl. sowie einer angemessenen Auswertung der in- und ausländischen Fachliteratur. (Annahmebedingungen s. letzte Seite.)

NARVA-Kondensatorlampen sind flächenförmige Lichtquellen, die je nach Bedarf in verschiedenen Abmessungen hergestellt werden können. Sie eignen sich vorzüglich für den Einsatz als selbstleuchtende Skalen in Betriebsmeßgeräten und ermöglichen eine gute Übersicht und genaue Kontrolle des jeweiligen Betriebszustandes.

Durch ihr mildes, diffuses Licht sind sie auch als Kennzeichen und Hintergrundsbeleuchtung in abgedunkelten Räumen besonders gut geeignet. Diese Lampen werden in den Farben Grün, Blau und Orange geliefert. Die sehr geringe Leistungsaufnahme und die fehlende Wärmeentwicklung sind weitere nicht zu übersehende Vorzüge.

Informieren Sie sich auf unserem Messestand zur Leipziger Frühjahrsmesse.

VEB NARVA

Kombinat der Volkseigenen Lichtquellenindustrie

DDR-1017 Berlin, Ehrenbergstraße 11—14

Buchbesprechungen

Dimensionierung stetiger linearer Regelkreise für die Praxis. Bd. 97 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Von *V. Strejc*. Berlin: VEB Verlag Technik 1970. 104 Seiten, 29 Bilder, 45 Tafeln, 4,80 M.

Der Besprechungsgegenstand ermöglicht in geschlossener Form die Dimensionierung von Regelkreisen für zwei verschiedene Gütekriterien. Vorteilhaft ist hierbei, daß es möglich ist, von einer gemessenen Übergangsfunktion der Regelstrecke auszugehen, ein zugeschnittenes Kennwertermittlungsverfahren zu benutzen, dessen Parameter sich für die anschließende Dimensionierung unmittelbar verwenden lassen.

Einleitend werden einige Bemerkungen zu den Güteforderungen, den Eigenschaften linearer Regelstrecken und linearer stetiger Regler gemacht. Das Verhalten der verschiedenen Reglertypen im geschlossenen Kreis wird in Form einer Tafel zusammengefaßt. Der Kern des Buches befaßt sich dann mit der Kennwertermittlung und der Dimensionierung der Regler.

Die Reglerdimensionierung erfolgt einmal auf der Grundlage des Betragsoptimums, zum anderen nach einem Verfahren von *Naslin*. Das Betragsoptimum geht hier nicht von der Betragsfläche der Regelabweichung aus, sondern vom Betrag des Führungsfrequenzganges, der konstant sein soll. Für die verschiedenen Reglertypen werden Tafeln angegeben, aus denen mit Hilfe der Ordnung n, der Zeitkonstanten T und der Totzeit die Reglerparameter abgelesen werden können. Zur Abschätzung der Überschwingweite, der maximalen Regelabweichung und der Einschwingzeit stehen für Führung und Störung am Eingang der Strecke Diagramme zur Verfügung. Durch eine Reihe von Beispielen werden die einzelnen Verfahren erläutert, so daß es dem in der Praxis tätigen Ingenieur sehr rasch möglich ist, die gegebenen Verfahren anzuwenden.

Das Vorhaben des Autors, mit diesem Band die Kluft zu verkleinern, die zwischen der Theorie der automatischen Steuerungen und ihrer Anwendung besteht, kann als gelungen bezeichnet werden.

B 379 *J. Sponer*

Thyristor-Stromrichter für Antriebsregelungen. Von *R. Lappe* u. a. Berlin: VEB Verlag Technik 1970. 360 Seiten, 260 Bilder, 15 Tafeln, 26,— M.

Mit zunehmender industrieller Automatisierung werden ständig höhere Forderungen an die Steuerung und Regelung der Drehzahl und des Drehmomentes von elektrischen Antrieben gestellt. Deshalb werden in den Stellgliedern seit etwa 10 Jahren Thyristoren eingesetzt, die gegenüber den bisher verwendeten Quecksilberdampfventilen und Transduktoren wesentlich günstigere Eigenschaften aufweisen. Das Buch, das vom Ministerium für das Hoch- und Fachschulwesen als Lehrbuch an den Universitäten und Hochschulen der DDR vorgesehen ist, entspricht dem gegenwärtigen internationalen Stand der Thyristortechnik. Es besteht aus drei Hauptteilen:

I. Thyristorstromrichter zur Speisung von Gleichstrommotoren
II. Thyristorstromrichter zur Speisung von Drehfeldmotoren
III. Gleichstromsteller zur Speisung von Gleichstrommotoren aus einer Gleichstromquelle.

Eine kurze Einführung in die moderne Antriebstechnik wurde vorangestellt. In insgesamt 14 Abschnitten werden die physikalischen und technischen Grundlagen, die Dimensionierung und das Betriebsverhalten der Thyristor-Stellglieder und der dazugehörigen regelungstechnischen Einrichtungen klar und prägnant dargestellt. Jedem Abschnitt

(Fortsetzung auf Schmalblatt V)

msr-aktuell

Auszeichnungen zum 7. Oktober 1970 — 21 Jahre DDR

Für seinen Anteil an der Erforschung der theoretischen Grundlagen zur Berechnung von Drehstromlinearmotoren und deren Einführung in die Produktion an das Entwicklungskollektiv „Linearmotor" wurde

Prof. Dr.-Ing. *P.-K. Budig*, Sektion Automatisierungstechnik der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt, Dr.-Ing. *H. Timmel*, Sektion Automatisierungstechnik der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt, Dipl.-Ing. *E. Sfax*, Großforschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaues Karl-Marx-Stadt, Ing. *K.-H. Kockisch*, VEB Elektromotorenwerk Dresden, und Dipl.-Ing. *R. Pfefferkorn*, Großforschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaues Karl-Marx-Stadt, der Nationalpreis II. Klasse für Wissenschaft und Technik verliehen.

In Anerkennung hervorragender Verdienste bei der Entwicklung des Sozialismus und bei der Festigung und Stärkung der Deutschen Demokratischen Republik wurden mit dem Orden „Banner der Arbeit" geehrt:

Das Entwicklungskollektiv des pneumatischen Logiksystems Planarturbulenzverstärker der Sektion Automatisierungstechnik der Technischen Hochschule und des Großforschungszentrums des Werkzeugmaschinenbaues Karl-Marx-Stadt, *R. Fehrmann*, *J. Matko*, Prof. Dr. rer. nat. *M. Peschel*, *D. Schellenberger*, *W. Schubert*, *W. Schulze* und *H. Tittel*, in Würdigung hervorragender Leistungen auf dem Gebiet pneumatischer Logiksysteme.

In Anerkennung hervorragender Leistungen als Schrittmacherbetrieb im Industriezweig Nachrichten-Meßtechnik und im Territorium der Betrieb Technisch-Physikalische Werkstätten Thalheim des VEB Kombinat Meßgerätewerk Zwönitz.

Für hervorragende Ergebnisse in der komplexen sozialistischen Rationalisierung und Automatisierung bei langjähriger Erfüllung und Übererfüllung der Planaufgaben und der Erreichung eines rentablen Betriebsergebnisses der VEB Drehmaschinenwerk Leipzig des VEB Werkzeugmaschinenkombinat „7. Oktober" Berlin.

In Anerkennung bahnbrechender Leistungen bei der Entwicklung des Sozialismus und bei der Festigung und Stärkung der Deutschen Demokratischen Republik wurde mit dem Ehrentitel „Held der Arbeit" ausgezeichnet *R. Rubbel*, VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin.

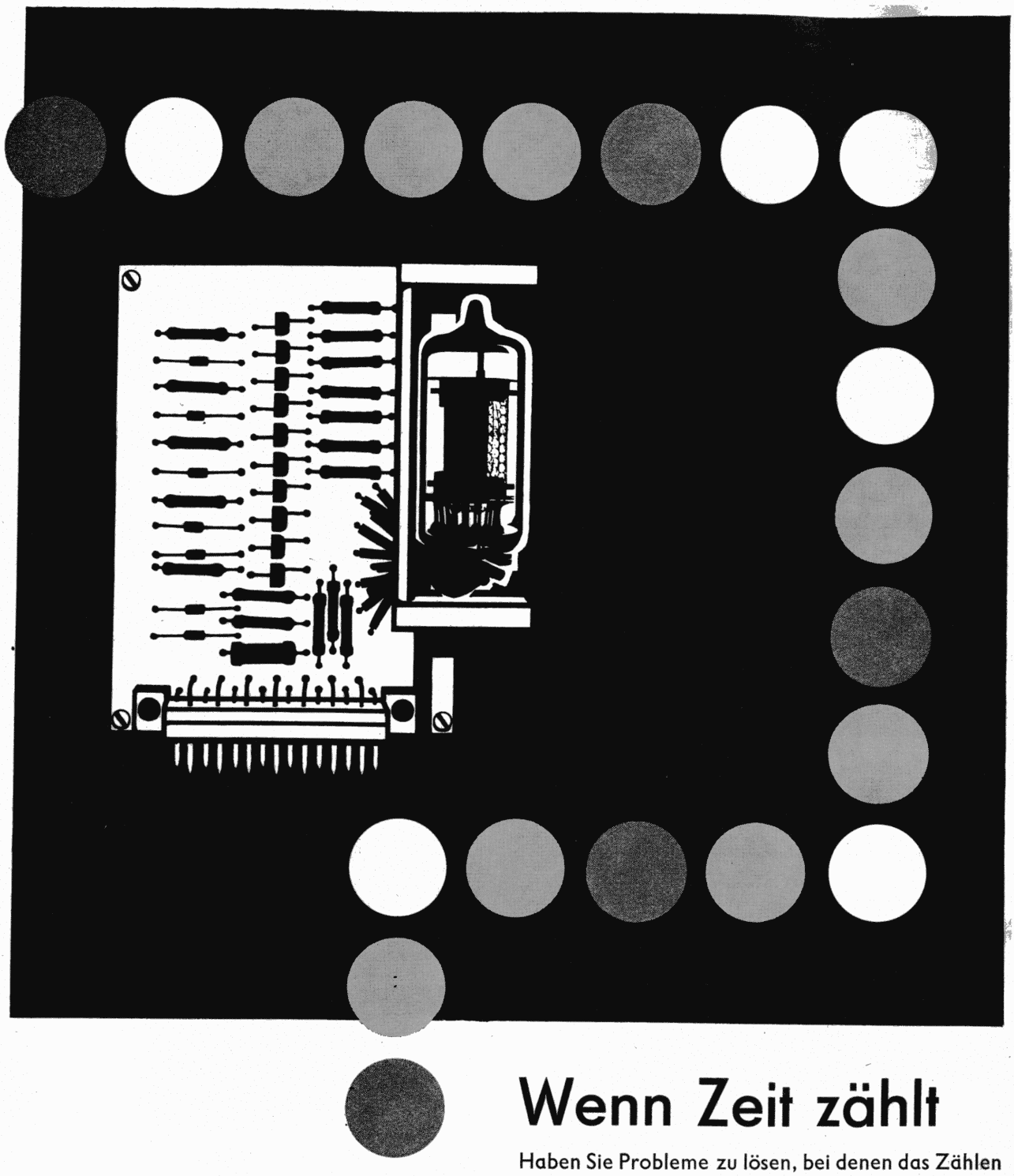
In Anerkennung besonderer Verdienste beim Aufbau und bei der Entwicklung der sozialistischen Gesellschaftsordnung und der Stärkung der Deutschen Demokratischen Republik wurde mit dem „Vaterländischen Verdienstorden" *H. Sandig*, Verlagsleiter des VEB Verlag Technik, Berlin, ausgezeichnet.

Betriebsschule „Georg Schumann"

Im Stammwerk des VEB GRW Teltow wurden am 1. September 1970 alle betrieblichen Einrichtungen zur Aus- und Weiterbildung der Lehrlinge zur einheitlichen Betriebsschule „Georg Schumann" vereinigt.

Schreibmaschine mit der Stimme betätigt

Als praktische Schreibhilfe für Gelähmte wurde ein Voice Operated Typerwriter Employing Morsecode (VOTEM) entwickelt. Die nicht sehr aufwendige Anlage reagiert auf kurze und lange Töne, so daß der „Schreiber" seinen Text ähnlich dem Morsealphabet kodieren muß. „Votem" kann im Prinzip natürlich auch andere Geräte betätigen, wie etwa das An- oder Ausschalten eines Rundfunkempfängers oder das Wählen einer Telefonnummer. ADN msr 3569



Wenn Zeit zählt

Haben Sie Probleme zu lösen, bei denen das Zählen und gleichzeitige Anzeigen vielstelliger Werte eine Rolle spielt?

Wir liefern Ihnen ein Programm digitaler Zähl- und Anzeigebausteine die entsprechend Ihrer Aufgaben zusammenstellbar sind und helfen Ihnen eine rationelle Lösung zu finden und den Zeitaufwand zu verringern.

RFT
electronic
vereinigt
Fortschritt und Güte

VEB WERK FÜR FERNSEHELEKTRONIK
DDR-116 Berlin, Ostendstraße 1—5

VEB Verlag Technik, Berlin — Träger des Ordens Banner der Arbeit

messen·steuern·regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik

Organ der Deutschen Gesellschaft für Meßtechnik und Automatisierung (DGMA)

Berlin · November 1970
13. Jahrgang

11

Redaktionsbeirat:

Dipl.-Ing. W. Britall, Prof. Dr.-Ing. W. Fritzsch, Dr. rer. nat. H. Gena, Dr.-Ing. K. Hilscher, Prof. Dr. phil. nat., Dr.-Ing. e. h. H. Kindler, Prof. Dr. phil. nat. H. Kortum, Dipl.-Phys. G. Meister, Prof. Dr.-Ing. S. Pilz, Prof. Dr.-Ing. habil. K. Reinisch, Prof. Dr. rer. nat. G. Schwarze, Dipl.-Ing. B. Wagner, Prof. Dr.-Ing. H. Wilhelmi

Standpunkt

Warum KDT-Weiterbildung in der russischen Fachsprache?

Mit der kontinuierlichen Entwicklung der staatlichen und wirtschaftlichen Beziehungen zwischen der UdSSR und der DDR hat sich auch die Zusammenarbeit beider Länder in allen Bereichen der Wissenschaft und Technik ständig erweitert und vertieft. Eine qualitativ noch höhere Stufe des Zusammenwirkens beider Staaten wird mit dem am 13. August 1970 geschlossenen bedeutsamen Abkommen über die weitere Koordinierung der Volkswirtschaftspläne für den Zeitraum von 1971 bis 1975 erreicht. An dieser Plankoordinierung nahmen praktisch alle wirtschaftsleitenden Organe und Institutionen beider Vertragspartner teil.

Die Beschlüsse des 11., 12. und 13. Plenums des ZK der SED und das neue Regierungsabkommen machen deutlich, in welchem Umfang sich die planmäßige, zielstrebige Zusammenarbeit mit den Betrieben, Forschungseinrichtungen, Lehranstalten, staats- und wirtschaftsleitenden Organen und nicht zuletzt mit den gesellschaftlichen Organisationen der UdSSR entwickeln wird.

Daraus ergibt sich für alle Leiter der staats- und wirtschaftsleitenden Organe, der Kombinate, Betriebe, Forschungseinrichtungen und Lehranstalten eine hohe Verantwortung für die rechtzeitige Vorbereitung der Werktätigen auf die politisch-ideologischen, wissenschaftlich-technischen, ökonomischen und fachsprachlichen Anforderungen, die sich aus den gegenwärtigen und künftigen Erfordernissen der sich ständig vertiefenden Wissenschafts- und Wirtschaftskooperation zwischen der DDR und der UdSSR ergeben.

Das gilt im besonderen für die Aneignung solider fachsprachlicher Russischkenntnisse, ohne die es nicht möglich ist, diese Erfordernisse effektiv zu meistern.

Die Beherrschung der technischen und ökonomischen Fachsprache durch die Werktätigen wird somit zu einem bedeutsamen produktivitätsfördernden Faktor für die Entwicklung des aktiven Informationsaustausches zwischen den Partnern und für die rasche und wirksame Nutzung sowjetischer Erkenntnisse und Erfahrungen für die Lösung unserer volkswirtschaftlichen Aufgaben.

Mehr als die Hälfte aller wissenschaftlich-technischen Veröffentlichungen in der Welt erscheinen in russischer Sprache. Auf allen bedeutsamen wissenschaftlichen Veranstaltungen ist russisch Konferenz- bzw. Verhandlungssprache, ohne die schon heute niemand mehr selbst aktiv am internationalen Erfahrungsaustausch teilnehmen kann.

Diese Gründe veranlaßten die Kammer der Technik, die Weiterbildung auf dem Gebiet der technischen und ökonomischen Fachsprache russisch in ihre Bildungsarbeit aufzunehmen.

Der KDT-Fernkurs ist vor allem für Hoch- und Fachschulkader und Facharbeiter mit entsprechender fremdsprachlicher Vorbildung vorgesehen, die in den Bereichen Planung und Leitung, Forschung und Entwicklung, Konstruktion, Projektierung, Technologie, Standardisierung, Materialwirtschaft, aber auch in Lehre und Erziehung an der Gestaltung der Wissenschafts- und Wirtschaftskooperation mit der UdSSR tätig sind. Die Betriebe und Einrichtungen sollten bei ihrer Auswahl und Delegierung zu diesem KDT-Fernkurs ihre besondere Aufmerksamkeit darauf lenken, junge und weibliche Fachkräfte zu diesem KDT-Fernkurs zu delegieren. Dabei sollten die günstigen Möglichkeiten der vorausschauenden Weiterbildung durch die Betriebe und Einrichtungen auch für solche weibliche Hoch- und Fachschulkader ihres Verantwortungsbereiches genutzt werden, die zeitweilig nicht berufstätig sein können.

Der KDT-Fernkurs ist nicht für die Heranbildung von Fachdolmetschern oder Fachübersetzern vorgesehen. Dafür bestehen im einheitlichen sozialistischen Bildungssystem andere Bildungsmöglichkeiten.

Der KDT-Fernkurs baut auf der fremdsprachlichen Vorbildung der Teilnehmer im Fach russisch im Umfang und Niveau des Abiturs bzw. des Fachschulabschlusses auf und setzt sich das Ziel, die Teilnehmer zu befähigen, die russische technische und ökonomische Fachsprache so zu beherrschen, daß sie

- mit sowjetischen Fachkollegen Gespräche und Verhandlungen führen,
- sowjetische Erkenntnisse, Erfahrungen aus der Fachliteratur, Information und Dokumentation, Studien, wissenschaftlich-technischen Konzeptionen, Patentschriften rasch und effektiv für die Nutzung in der beruflichen und gesellschaftlichen Tätigkeit erschließen,
- den alltäglichen Schriftwechsel in der Zusammenarbeit mit sowjetischen Partnern führen können.

H. Killiches
Sekretär des Präsidiums der KDT

[1]) Gegenwärtig bereitet die Kammer der Technik im Rahmen ihres Weiterbildungssystems in Abstimmung mit dem Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen den neuen Fernkurs „Russische Fachsprache" vor. In einem weiteren Beitrag wird die msr über den strukturellen Aufbau des KDT-Fernkurses berichten.

G. DÖHN

Das Stellglied – eine Grundlage für das Maß der Automatisierung

IA 4.6.2; 6.2

Einleitung[1])

Aus dem allgemeinen Interesse an der Vergleichsmöglichkeit von Maßnahmen zur Automatisierung unterschiedlichster technologischer Prozesse entspringt die Forderung nach einem verallgemeinerungsfähigen Maß für die Automatisierung, mit dessen Hilfe der Ingenieur seine Vorschläge objektiv bewerten kann. Als solches Maß bietet sich dem Worte nach der Automatisierungsgrad an. Beim Studium der Literatur zeigt sich aber, daß der Begriff Automatisierung nicht einheitlich gebraucht wird, wie ein Vergleich deutlich macht [1] bis [5]. Dementsprechend wird der Automatisierungsgrad mit sehr unterschiedlichem Inhalt versehen, wobei technische und ökonomische Aspekte oft unkontrollierbar miteinander vermischt sind. Was das Wesen der Automatisierung betrifft, so ist die Definition zu bevorzugen:

„Automatisierung heißt, einen Vorgang mit technischen Mitteln so einzurichten, daß der Mensch weder ständig noch in einem erzwungenen Rhythmus für den Ablauf des Vorganges tätig zu werden braucht" [6].

In dieser Formulierung geht es um das Einrichten eines Vorganges. Dieses Einrichten muß zu dem eingangs genannten Ziel in unmittelbare Beziehung gesetzt werden. Dazu ist neben der Rolle des Menschen, die bei der Automatisierung von einer aktiv mitwirkenden zu einer kontrollierenden und korrigierenden wird, die Bedeutung der technischen Mittel herauszustellen.

1. Vergleich bekannter Automatisierungsgrade

Die aus der Literatur bekannten Automatisierungsgrade wurden in Tafel 1 zusammengefaßt und kritisch verglichen [2] und [8] bis [22]. Sie sind zumeist als Quotienten definiert, und aus der Originalliteratur können die Bezugsgrößen, die genauen Berechnungsgrößen, die Definitionsgleichungen sowie die damit erzielten Ergebnisse entnommen werden.

Gleichsam stellvertretend für einen Teil der anderen Automatisierungsgrade soll der der Arbeit – in Tafel 1 unter Position 4 und fortan Agr_4 genannt – näher untersucht werden. Die Definitionsgleichung lautet:

$$Agr_4 = \Sigma Ak/\Sigma Gk\,.$$

ΣAk Arbeitskräfte mit überwiegend Kontroll- und Überwachungsfunktionen, ΣGk alle Arbeitskräfte im bilanzierten Produktionsbereich.

Die Anwendung des Agr_4 setzt den heute überwiegend vorkommenden Fall voraus, daß bereits eine teilweise Automatisierung vorliegt. Wird nun weiter automatisiert und werden die dabei freigestellten Arbeitskräfte mit ΔAk bezeichnet, ist die relative Arbeitskräfteeinsparung $Ak^* = \Delta Ak/\Sigma Ak$. Für jeden weiteren Automatisierungsschritt geht mit ΔAk und einer Normierung auf ΣAk Agr_4 in Agr_4^* über:

$$Agr_4^* = \frac{\Sigma Ak - \Delta Ak}{\Sigma Gk - \Delta Ak} = \frac{1 - \Delta Ak/\Sigma Ak}{\Sigma Gk/\Sigma Ak - \Delta Ak/\Sigma Ak}\,.$$

Für die Bedingungen $\Sigma Gk > \Sigma Ak$ und $0 \leq Ak^* \leq 1$ ist Agr_4^* im Bild über Ak^* aufgetragen. Für $Ak^* = 0$, d. h. am Beginn einer weiteren Automatisierungsmaßnahme gilt: $Agr_4^* = Agr_4$. Werden Arbeitskräfte eingespart, so fallen die Kurven für Agr_4^* bis auf Null ab. Diese Tendenz zeigt, daß mit jeder Automatisierungsmaßnahme, die eine Arbeitskräfteeinsparung zur Folge hat, Agr_4^* sinkt. Das widerspricht den Erwartungen, die an das Verhalten des Automatisierungsgrades geknüpft werden. Somit ist dieser Automatisierungsgrad nur für die Beurteilung der jeweils allerersten Automatisierungsmaßnahme geeignet. Einer technischen und ökonomischen Weiterentwicklung vermag er nicht Rechnung zu tragen. Auf zusätzliche wesentliche Schwächen dieses und anderer Automatisierungsgrade wurde bereits hingewiesen [23].

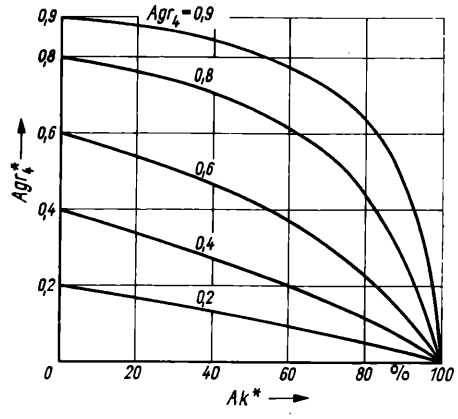


Bild. Automatisierungsgrad Agr_4 der Arbeit bei fortschreitender Automatisierung Ak^*

2. Inhalt des neuen Automatisierungsgrades

Nach einer erweiterten Definition der Automatisierung[2]) ist die ersetzte menschliche Tätigkeit zu den technischen Mitteln in Relation zu setzen, die diese Aufgabe übernehmen. Dies kann nur mit Hilfe der Elemente geschehen, über die der Mensch bzw. die technischen Mittel mit dem Prozeß verkoppelt sind. Ein solches Element soll

a) allen Produktionsprozessen eigen sein und
b) in unmittelbarer Beziehung zur qualitativen Wirkungssteigerung stehen.

[1]) Vortrag, der auf der Arbeitstagung „messen steuern regeln in der chemischen Industrie" am 20. November 1969 in Leuna gehalten wurde. Mitteilung aus dem Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der DAW zu Berlin, Bereich Technische Kybernetik.

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen vertraglicher Vereinbarungen zwischen dem VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, Zentraler Anlagenbau der BMSR-Technik, und der DAW zu Berlin.

[2]) Automatisierung ist das Ersetzen sowie die quantitative, vor allem aber qualitative Steigerung der Wirkung gleichartiger, immer wiederkehrender und häufig an Gleichmaße gebundener menschlicher Tätigkeit durch die Funktion technischer Mittel, insbesondere komplexer Systeme von Mechanismen und Informationsverarbeitungselementen [7] und [23].

Tafel 1. Vergleich der Automatisierungsgrade

Nr.	Bezugsgrößen	Wichtige Aussagen über	Quellen	Jahr der Veröffentlichung
1	Arbeitsäquivalente der Elementaroperationen aus Σ (Schwierigkeitsgrad × Zeitaufwand)	umfassende Angaben durch Aufteilung in Elementaroperationen, jedoch stark abhängig von der Technologie	*Moll* und *Ulbricht* [8]	1957
2	Erzeugnismenge	automatisiert gefertigter Erzeugnisanteil	*Koslow* u. a. [2] *Tomm* [9] Ökonomisches Lexikon [10]	1958 1958 1967
3	Materialverbrauch	Materialverbrauch der verschiedenen stark automatisierten Teilproduktionen	*Tomm* [9]	1958
4	Arbeitskräfte	Struktur der Arbeitskräfte	*Tomm* [9] Ökonomisches Lexikon [10] Staatliche Zentralverwaltung für Statistik [12 bis [14] *Schipper* [15]	1958 1967 1967 1969
5	Arbeitsstunden	Zeitstruktur für Produktionsmittel versch. Automatisierungsstufen	*Tomm* [9] Ökonomisches Lexikon [10]	1958 1967
6	Elementaroperationen	Zeitstruktur für Elementaroperationen	*Kortum* [16] *Klaus* [17]	1961 1969
7	Lohnkosten	bewegliche Kosten	*Goebel* [18]	1964
8	Arbeits- und Werkzeugmaschinen bzw. thermische und chemische Apparate	Produktionsmittelstruktur	Staatliche Zentralverwaltung für Statistik [11] Autorenkollektiv [19]	1965 1968
9	keine eigenen, Verweis auf die der Nr. 2, 4, 5 und 8	Stand der Entwicklungstendenz der Ersetzung der menschlichen Arbeit	Sozialistische Arbeitswissenschaft [20]	1966
10	BMSR-Geräteproduktion und Investitionen	Globaleinschätzung für BMSR-Geräteindustrie	*Kinder* u. a. [21]	1966
11	Unterschiede der Zustände (Lage, Beschaffenheit, Signal u. a.)	umfassende Angaben über Stückgutfertigung im Maschinenbau	*Szumański* [22]	1969
12	Steuersignale	Signalstruktur, stark vereinfacht	nach *Szumański* [22]	1969
13	Arbeitskräfte und Grundmittel	Wert automatisierter Anlagen je Arbeitskraft	nach *Szumański* [22]	1969
14	Kosten der Elementaroperationen	Selbstkostenstruktur		1969

Tafel 2. Kontaktstellen Mensch — Prozeß

Art der Berührungspunkte	Signalflußrichtung	Signalinhalt	Reaktionen des Menschen (bzw. der Informationsverarbeitungselemente)	Bauelemente im Prozeß
passiv	aus dem Prozeß	Informationen über Prozeßzustände	sensorische Funktionen (Informationsaufnahme)	Meßglied (als Signalsender)
			nachfolgende intellektuelle Funktionen (Informationsverarbeitung)	
aktiv	in den Prozeß	Befehlsinformationen zur Prozeßbeeinflussung		
			motorische Funktionen (Eingriff in den Prozeß)	Stellglied (als Signalempfänger)

Zur Erfüllung dieser Bedingungen wird davon ausgegangen, daß die Funktion des Menschen bei einem Vorgang von einer unmittelbar mitwirkenden in eine kontrollierende und korrigierende verwandelt wird.

Die Bedeutung dieser dem Prozeß übergeordneten menschlichen Tätigkeit läßt sich z. B. durch eine tabellarische Zuordnung hervorheben (Tafel 2). In bezug auf den Menschen und die ihn entlastenden Mechanismen und Informationsverarbeitungselemente lassen sich die unmittelbaren Berührungspunkte zwischen Mensch und Prozeß in aktive und passive einteilen. Diesen beiden Arten von Berührungspunkten werden die Signalparameter, die Reaktionsweise des Menschen und die entsprechenden Grundtypen der Bauelemente zugeordnet. Das Stellglied erweist sich dabei für die Berührungspunkte als eine der beiden gerätetechnischen Realisierungen im Prozeß. Die wesentliche Funktion des Stellgliedes sowie seine Beziehung zu Automatisierungsmaßnahmen lassen sich in folgender Weise zusammenfassen.

Nur über das Stellglied vermögen der Mensch oder die Ausgangsgrößen der ihm verfügbaren und ihn entlastenden Mechanismen und Informationsverarbeitungselemente zielgerichtet auf den technologischen Prozeß einzuwirken; u. zw. nach erfolgter Informationsaufnahme und -verarbeitung.

Das Stellglied ist — im Gegensatz zu den meisten der in Tafel 1 genannten Bezugsgrößen — der Realisierung des technischen Systems entnommen.

Es wird deshalb vorgeschlagen, das Stellglied als Ausgangspunkt für die Beurteilung der Automatisierung und damit als Bezugsgröße für einen neuen Automatisierungsgrad zu wählen.

Die Signale aus dem Prozeß heraus mit ihren Informationen über Prozeßzustände führen beim Menschen zur Informationsaufnahme (sensorische Funktion) und nachfolgenden

Informationsverarbeitung z. B. in Form von Entscheiden oder Speichern (intellektuelle Funktion). Die Signale in den Prozeß hinein mit ihren Befehlsinformationen zur Prozeßbeeinflussung setzen dagegen aufgenommene und verarbeitete Informationen voraus, damit aus ihnen sinnvolle Eingriffe (motorische Funktion) folgen können. Die Realisierung der Informationsaufnahme und -verarbeitung durch technische Mittel ist Gegenstand der BMSR-Technik sowie der elektronischen Datenverarbeitung. Neben dem Quantitätsmaßstab und dem noch zu erarbeitenden Qualitätsmaßstab müssen in der technischen Realisierung der Informationsaufnahme und -verarbeitung auch wesentliche Hinweise für eine ausreichende Lösung der ökonomischen Beurteilung der Automatisierung gesucht werden. Es sei hervorgehoben, daß der folgende Automatisierungsgrad weder die wissenschaftlich-technische Güte noch ökonomische Überlegungen zu Automatisierungsmaßnahmen zum Inhalt hat, sondern zunächst den technischen Umfang an vorhandenen Anlagen fixieren soll.

3. Definition des neuen Automatisierungsgrades

Die Kennzahlen, die als Automatisierungsgrad bekannt geworden sind, werden vorwiegend als Quotienten aus den Berechnungsgrößen, die spezielle Formen der Bezugsgrößen (Tafel 1) sind, gebildet. Der neue Automatisierungsgrad wird definiert als:

$$\mathrm{Agr} = \mathrm{SE_R}/\mathrm{SE_T}\,. \tag{1}$$

$\mathrm{SE_R}$ Zahl der Stelleinheiten, die unmittelbar von BMSR-Einrichtungen ihre Stellsignale erhalten und $\mathrm{SE_T}$ Zahl der täglich zu bedienenden Stelleinheiten.

Analog ergibt sich als Mechanisierungsgrad:

$$\mathrm{Mgr} = \mathrm{SE_{HT}}/\mathrm{SE_T}\,. \tag{2}$$

$\mathrm{SE_{HT}}$ Zahl der unter Benutzung von Hilfsenergie täglich zu bedienenden Stelleinheiten.

Die Ermittlung der Berechnungsgrößen beginnt damit, daß die Stellglieder (SG) nach technologischen und betriebstechnischen Gesichtspunkten für den zu untersuchenden Produktionsbereich zu Stelleinheiten (SE) zusammengefaßt werden. Dadurch bleiben die Stellglieder, die z. B. aus sicherheitstechnischen Gründen zusätzlich angeordnet wurden, ohne eine spezielle Aufgabe für die Prozeßführung einschließlich Anfahren, Stillsetzen und Durchsicht einer Anlage zu haben, unberücksichtigt; denn sie werden als Eingriffsmöglichkeit in den Prozeß nicht genutzt. Weiter erfolgt eine Einteilung in Gruppen, und zwar auf Grund von drei Kriterien:

a) Sind die Stelleinheiten so häufig in Betrieb wie der gesamte Produktionsbereich oder befinden sich einige davon in Reserve?

b) Wie häufig werden die einzelnen Stelleinheiten bedient?

c) Erfolgt die Bedienung rein manuell, durch Hilfsenergie infolge manueller Stellsignale oder durch Hilfsenergie infolge von Regelungs- und Steuerungseinrichtungen gegebener Stellsignale?

Aus den Kriterien a) und b) folgen Mengen von Stelleinheiten, die als

$\mathrm{SE_T}$ beliebig oft bis mindestens einmal täglich,

$\mathrm{SE_W}$ seltener als einmal täglich, aber mindestens einmal wöchentlich,

$\mathrm{SE_M}$ seltener als einmal wöchentlich aber mindestens einmal monatlich,

$\mathrm{SE_S}$ seltener als einmal monatlich, meist nur in Sonderfällen, z. B. bei Reparaturen, Stillsetzungen usw.

zu bedienen sind.

Die Summe der Anzahlen $A(...)$ aller in dieser Weise unterschiedenen Stelleinheiten wird beschrieben durch:

$$A(\mathrm{SE_{ges}}) = A(\mathrm{SE_T}) + A(\mathrm{SE_W}) + A(\mathrm{SE_M}) + A(\mathrm{SE_S})\,. \tag{3}$$

Durch das Kriterium c) werden die in $\mathrm{SE_{ges}}$ enthaltenen Stelleinheiten zusätzlich ausgewiesen, deren Betätigung durch Hilfsenergie erfolgt:

$$A(\mathrm{SE_{H\,ges}}) = A(\mathrm{SE_{HT}}) + A(\mathrm{SE_{HW}}) + A(\mathrm{SE_{HM}}) + \\ + A(\mathrm{SE_{HS}})\,. \tag{4}$$

Wird für diese Stelleinheiten außerdem das Stellsignal nicht manuell, sondern von Regelungs- und Steuerungseinrichtungen erteilt, werden sie als neue Menge $\mathrm{SE_R}$ erfaßt. Bei dieser wird auf eine weitere Unterteilung verzichtet. wenn gilt: $\mathrm{SE_R} \subseteq \mathrm{SE_{HT}}$ und $\mathrm{SE_R} \subseteq \mathrm{SE_{H\,ges}}$.

Die Menge $\mathrm{SE_R}$ enthält nur Elemente, die nicht gleichzeitig in $\mathrm{SE_{HW}}$, $\mathrm{SE_{HM}}$ oder $\mathrm{SE_{HS}}$ enthalten sind. Somit werden zur Charakterisierung der Stelleinheiten in einem Fließgutprozeß hinsichtlich ihrer Mechanisierung und Automatisierung nur drei Berechnungsgrößen ($\mathrm{SE_T}$, $\mathrm{SE_{HT}}$, $\mathrm{SE_R}$) bei der Kennzahlermittlung benötigt.

4. Ergebnisse

Nimmt man zu den 3 genannten Berechnungsgrößen als weitere $\mathrm{ES_{ges}}$ hinzu, so führt das zu der Kennzahl $\mathrm{SE_T}/\mathrm{SE_{ges}}$. Sie beschreibt die Ausrüstung einer Anlage mit Stelleinheiten und deren Nutzung. Damit werden auch dem Projektanten und Konstrukteur Kriterien zu der Frage geliefert, mit welcher optimalen Zahl an Stelleinheiten und mit welchem Nutzungsgrad sich dieses oder jenes Verfahren verwirklichen läßt. Außerdem wird auch die Tatsache indirekt bestätigt, daß sich eine Automatisierungsmaßnahme um so wirtschaftlicher realisieren läßt, je kleiner $\mathrm{SE_T}$ ist. Auch der zu erwartende Aufwand für ein Automatisierungsvorhaben wird durch die Größe $\mathrm{SE_T}$ gut abschätzbar.

Der vorgeschlagene Automatisierungsgrad, in dessen Berechnung nur die Stelleinheiten eingehen, charakterisiert den Automatisierungsgrad des Gesamtprozesses, wenn über die ermittelten Stellarbeiten hinaus keine weiteren körperlichen Arbeiten für das Fahren des Prozesses erforderlich sind. Auch muß die Zahl der Sollwertverstellungen an Regelungs- und Steuerungseinrichtungen gegenüber $\mathrm{SE_T}$ vernachlässigbar klein sein.

Die vorliegende Methode kann auf die Erfassung der Regelungs- und Steuerungseinrichtungen erweitert werden, da eine Sollwertverstellung auch nur als Ergebnis der Dreifachverknüpfung von zu leistenden sensorischen, intellektuellen und motorischen Funktionen möglich ist. Das wesentliche Analogon ist dabei die Häufigkeit der Sollwertverstellungen zu der der Bedienung der Stelleinheiten. Ergänzend sei darauf hingewiesen, daß die vorstehende Methode die sensorischen und intellektuellen Funktionen, die das „Nichtstellen" zur Folge haben, nicht mit erfaßt. Die Zahl dieser Zwei-Funktionen-Kopplungen erreicht mindestens die Größenordnung von $\mathrm{SE_T}$. Man kann nicht ausschließen, daß sie ein Vielfaches davon beträgt, keinesfalls ist sie aber kleiner als $\mathrm{SE_T}$. Dieser Teil der Prozeßführung spielt sich nur im Bereich der

Datenerfassung und -verarbeitung ab, ohne eine motorische Funktion für ein Stellglied oder eine Sollwertänderung zu veranlassen. Daraus geht hervor, daß das Stellglied als Grundlage für das Ausmaß der Automatisierung nur ein erster Schritt zu einem quantitativen Maßstab sein kann.

Erprobungen an Industrieanlagen erbrachten Werte für Agr nach Gl. (1) zwischen 0,04 und 0,9. Dabei fiel auf, daß nicht nur SE_H und SE_R als Bezugsgröße von besonderer Wichtigkeit sind, sondern auch SE_T. Ein Prozeß, der mit wenig Stellarbeit zu lenken ist, d. h. bei kleinem SE_T, muß als automatisierungsfreundlich angesehen werden; denn der erforderliche BMSR-Aufwand für ein bestimmtes Automatisierungsausmaß ist relativ niedrig. Ein anderer noch so hoch mechanisierter Produktionsprozeß, bei dem keine Regelungs- und Steuerungseinrichtungen eingesetzt werden, hat einen Automatisierungsgrad von Null, denn alle anfallenden sensorischen und intellektuellen Funktionen müssen von Menschen wahrgenommen werden. In diesem speziellen untersuchten Fall stand der sehr hohe Wert für den Mechanisierungsgrad ($> 0{,}8$) nach Gl. (2) in deutlichem Kontrast zu $Agr = 0$. Neben modernen Anlagen wiesen auch alte Strecken (30 Betriebsjahre) einen Automatisierungsgrad von 0,25 und mehr auf, wenn es sich bei diesen um besonders wirtschaftliche Technologien handelte.

Auf Grund der völlig neuen Bezugsgrößen zeigten Vergleiche des Agr nach Gl. (1) mit solchen der Tafel 1 Abweichungen nach beiden Seiten.

Der neue Automatisierungsgrad führt zu technisch-wirtschaftlichen Bestwerten, die von Prozeß zu Prozeß verschieden sind. Aus technischen und ökonomischen Gründen erscheint es deshalb nicht sinnvoll, einheitlich hohe Werte für den Automatisierungsgrad bei allen Prozessen anzustreben.

Den Herren Dr.-Ing. *B. Senf* und Dipl.-Math. *D. Haase* danke ich für anregende Diskussionen und fördernde Hinweise.

Literatur

[1] *Hornauer, W.:* Industrielle Automatisierungstechnik. 5. Auflage. Berlin: VEB Verlag Technik 1963.

[2] *Koslow, G. A.,* und *S. P. Perwuchin:* Ökonomisches Wörterbuch (Übersetzung aus dem Russ., Moskau 1958). Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1961.

[3] *Klaus, G.,* und *M. Buhr:* Philosophisches Wörterbuch. 4. Auflage. Leipzig: Bibliographisches Institut 1966.

[4] *Dolezalek, C. M.:* Automatisierung — Automation. VDI-Z. 98 (1956) H. 12, S. 563/564.

[5] *Arnold, H., H. Borchert, A. Lange* und *J. Schmidt:* Die wissenschaftlich-technische Revolution in der Industrie der DDR. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1967.

[6] *Dolezalek, C. M.:* Was ist Automatisierung? Werkstattstechnik 56 (1966) H. 5, S. 217.

[7] *Trapesnikow, W. A.:* Automatisierung und Menschheit (Plenarvortrag auf dem 1. IFAC-Kongreß, Moskau 1960). Technische Gemeinschaft 9 (1961) H. 1, S. 1—6.

[8] *Moll, H.,* und *W. Ulbricht:* Heutiger technischer Stand und Entwicklungstendenzen in der Automatisierung der Fertigung am Beispiel einer Automobilfabrik. Werkstattstechnik und Maschinenbau 47 (1957) H. 3, S. 117—123.

[9] *Tomm, A.:* Mechanisierung, Automatisierung und Arbeitsproduktivität. Berlin: Akademie-Verlag 1958.

[10] Ökonomisches Lexikon. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1967.

[11] Staatliche Zentralverwaltung für Statistik (Herausgeber): Definitionen wichtiger Kennziffern und Begriffe für Planung und Statistik. Berlin: Staatsverlag der DDR 1965.

[12] Staatliche Zentralverwaltung für Statistik (Herausgeber): Definitionen wichtiger Kennziffern und Begriffe für Planung und Statistik — Ergänzungsausgabe. Berlin: Staatsverlag der DDR 1967.

[13] Staatliche Zentralverwaltung für Statistik (Herausgeber): Statistisches Jahrbuch 1967 der DDR. 12. Jahrgang. Berlin: Staatsverlag der DDR 1967.

[14] Staatliche Zentralverwaltung für Statistik (Herausgeber): Statistisches Jahrbuch 1968 der DDR. 13. Jahrgang. Berlin: Staatsverlag der DDR 1968.

[15] *Schipper, E.:* Wissenschaftlich-technischer Fortschritt und Arbeitskräfteplanung im Betrieb. Sozialistische Arbeitswissenschaft 13 (1969) H. 3, S. 252—262.

[16] *Kortum, H.:* Zur Definition der Begriffe Mechanisierung und Automatisierung. Zmsr 4 (1961) H. 6, S. 229—237, und H. 11, S. 477 bis 479.

[17] *Klaus, G.:* Wörterbuch der Kybernetik. 2. Auflage. Berlin: Dietz-Verlag 1968.

[18] *Goebel, H.:* Automatisierungsgrad, in: Hütte, Taschenbuch für Betriebsingenieure (Bd. II). 6. Auflage. Berlin: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn 1964.

[19] Autorenkollektiv: Ökonomik der Arbeit. 4. Auflage. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1968.

[20] *Sachse, E.,* u. a. (Herausgeber): Sozialistische Arbeitswissenschaft — Taschenwörterbuch. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1966.

[21] *Kinder, E.,* und *W. Meyer:* Ist der Grad der Automatisierung meßbar? Hartmann & Braun Meßwerte (1966) H. 4, S. 8—10.

[22] *Szumański, Z.:* Methode zur Bestimmung des Automatisierungsniveaus. Pomiary Automatyka Kontrola 15 (1969) H. 2, S. 80—83.

[23] *Döhn, G.:* Beitrag zum Automatisierungsgrad technologischer Prozesse. Technische Information VEB GRW Teltow 7 (1969) H. 5, S. 1—6.

msr 3378

Anschrift des Verfassers:

G. Döhn, Dipl.-Ing., Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der DAW zu Berlin, Bereich Technische Kybernetik, 8027 Dresden, Haeckelstr. 20.

E.-G. WOSCHNI

Informationstheoretische Analyse der Genauigkeit analoger und digitaler Meßverfahren (Teil II)[1]

IA3

3. Vergleich der Verfahren unter Benutzung der Kanalkapazität

Für den Vergleich analoger und digitaler Verfahren benötigt man eine Kenngröße, in die sowohl das statische Verhalten (statischer Fehler, Zahl der unterscheidbaren Meßwertstufen) als auch das dynamische Verhalten (Grenzfrequenz) eingehen. Der Begriff der Kanalkapazität berücksichtigt sowohl statisches als auch dynamisches Verhalten und läßt sich aus dem Entscheidungsgehalt nach Gl. (2) unter Hinzunahme der dynamischen Eigenschaften berechnen [2]. Hierbei werden bekanntlich ferner optimale statistische Eigenschaften der zu messenden Größe angenommen, so daß dieser Wert den günstigsten Fall darstellt (optimale Kodierung). Er wird in der Praxis nie erreicht. Die Anwendung der Methoden der Nachrichtentechnik zur Vergrößerung des tatsächlich erreichbaren Nachrichtenflusses in der Meßtechnik hat bereits eingesetzt, wie auch das Programm dieses Kongresses zeigt. Für die Kanalkapazität C_t ergibt sich [1] und [2]:

$$C_t = 2 f_g C_s = 2 f_g \, {}^2\log \hat{m} \,. \tag{11}$$

Sie gibt an, wieviel Bit je Zeiteinheit vom Meßgerät maximal ermittelt werden können [bit/s].

Dieser Kennwert des Nachrichtenflusses bzw. der Kanalkapazität als deren Maximalwert stellt einen zentralen Begriff der modernen Meßtechnik dar. Er wird sowohl in der

[1] Teil I erschien im H. 10/1970.

Nachrichtentechnik, d. h. bei der Meßwertübertragung als auch in der Rechentechnik, bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit von ganzen Systemen bzw. der Anpassung von Teilsystemen benötigt und verwendet. Bei der Zusammenschaltung verschiedener Teilsysteme zu einem gesamten Informationsverarbeitungssystem kommt es darauf an, daß die von dem einen System abgegebene Information in vollem Umfang, d. h. ohne Informationsverlust, von dem anderen übernommen werden kann. Der spezielle Träger der Information, das Signal, kann zwar durch eine entsprechende Kodierung umgesetzt werden — ich denke hier als Beispiel an einen A/D-Umsetzer —, der zu verarbeitende mittlere Nachrichtenfluß muß jedoch in beiden Systemen der gleiche sein, soll ein Informationsverlust vermieden werden. Er stellt auch ein zweckmäßiges Kriterium für die Optimierung ganzer Systeme dar, wobei sich hier enge Zusammenhänge zur Theorie der Optimalfilter ergeben [3] [5] [9] und [10]. In der Zukunft sind hier daher weitere Untersuchungen zur Lösung der noch offenen Probleme zu erwarten.

Einige typische Beispiele für die Kanalkapazität bzw. den erreichbaren Nachrichtenfluß sind in Bild 6 zusammengestellt. Dabei wurden nicht nur einige typische Meßeinrichtungen, sondern auch Datenverarbeitungssysteme sowie der Mensch einbezogen. Man erkennt den sehr weiten Spannraum, der bezüglich dieser Kenngröße bei den verschiedenen Systemen vorhanden ist. So ergeben die Sinnesorgane des Menschen eine maximal mögliche Informationsaufnahme von nur etwa 15 bis 30 bit/s, während der Informationsfluß innerhalb einer modernen Rechenmaschine in der Größenordnung von 10^7 bit/s liegt. Beim Fernsehen wird ein Informationsfluß von über 50 Mbit/s angeboten, von dem jedoch weniger als 1% vom Menschen aufgenommen werden kann. Eine bewußte Verarbeitung wird sogar nur für 15 bis 30 bit/s erreicht. In unser Langzeitgedächtnis dagegen werden nur etwa 0,5 bit/s eingespeichert. Wie die Übersicht weiterhin zeigt, liegen die üblichen Meßgeräte — bei Fehlern in der Größenordnung von $\pm 0{,}5\%$ und Grenzfrequenzen um einige kHz — bei Kanalkapazitäten von einigen kbit/s im „Mittelfeld" der im Bild 6 angegebenen Werte.

Deutlich erkennbar wird, daß sowohl die Informationseingabe als auch die -ausgabe in bezug auf den Informationsfluß

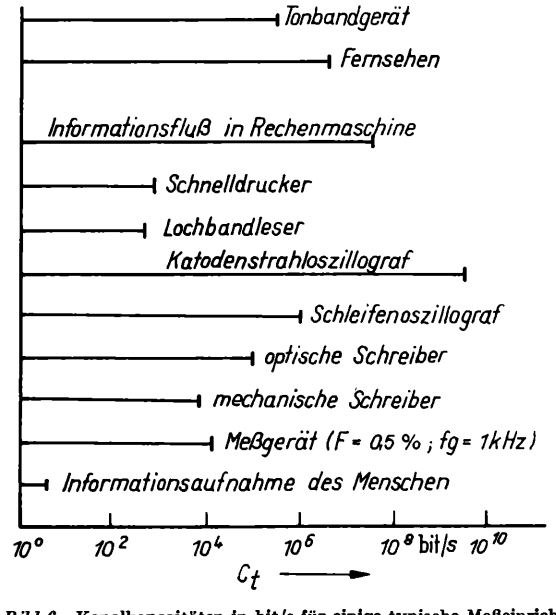


Bild 6. Kanalkapazitäten in bit/s für einige typische Meßeinrichtungen und andere Informationsverarbeitungssysteme

bei weitem über die Kapazität des Menschen hinausgeht, so daß die automatische Verarbeitung zur Erfassung der vollen Information, wie sie von modernen Meßgeräten abgegeben wird, notwendig ist. Auf der anderen Seite sieht man, daß die Informationseingabe und -ausgabe (Peripherie) derzeit bei weitem nicht an den von einer modernen Rechenmaschine zu verarbeitenden Informationsfluß angepaßt ist, sondern um Größenordnungen zu kleine Werte aufweist. Timesharing-Betrieb stellt einen Ausweg dar, um die volle Kapazität der Rechenmaschine auszunutzen.

Bei der Bewertung der im Bild 6 dargestellten Kennwerte ist außerdem zu berücksichtigen, daß die Kanalkapazitäten der Meßgeräte nur zu einem geringen Bruchteil ausgenutzt werden. Das Meßgerät führt nämlich in den meisten Fällen eine Informationsreduzierung durch. Beispielsweise wird oft zwar der gesamte Kurvenverlauf der zu messenden Größe gemessen, aus ihm werden jedoch Kennwerte, insbesondere Mittelwerte und deren Erweiterungen (wie die Korrelationsfunktion) für stochastische Prozesse gebildet. Diese eigentlichen Meßwerte fallen daher in weitaus größeren Abständen an, als aus der Bandbreite am Eingang eines Meßgerätes nach dem Abtasttheorem errechenbar ist. Da in der Zukunft die Menge der durch die Messungen gelieferten Informationen weiter schnell zunehmen wird, kommt dieser Informationsreduzierung und -verdichtung eine immer größere Bedeutung zu. Gerade hier ergeben sich damit Zusammenhänge zu ähnlichen Problemen auf anderen Gebieten der Kybernetik, wie z. B. der Klassifizierungstheorie oder der Objekt- und Zeichenerkennung. Bei der Untersuchung von Zufallsprozessen ergeben sich ebenfalls ähnliche Probleme bei der Gewinnung von Identifizierungsmerkmalen. Insgesamt gesehen liegen hier eine Menge ungelöster Probleme vor, die bis zum Einsatz lernender Systeme auch in der Meßtechnik gehen werden.

Berücksichtigt man weiter, daß sich die im Bild 6 angegebenen Werte für Großrechner etwa alle 7 Jahre verzehnfachen, so erkennt man, daß die Diskrepanz zwischen der Kanalkapazität des Meßgerätes und den für die Meßwertverarbeitung im Großrechner maßgeblichen Werten immer größer wird. Diese Tatsache gestattet, zwei Folgerungen bezüglich der Verwendung von Rechnern in der Meßtechnik abzuleiten:

- Der Einsatz von Großrechnern ist nur dort sinnvoll, wo viele Meßgeräte parallel dem Rechner Eingangsinformationen liefern, da sich sonst die hohen Kanalkapazitäten der Rechner überhaupt nicht ausnutzen lassen. Das ist das Gebiet der komplexen Prozeßsteuerung.
- Für die anderen Fälle der Meßtechnik werden Spezialrechner in großer Anzahl zum Einsatz kommen, an die relativ geringe Anforderungen verglichen mit den Großrechnern gestellt werden.

Damit ergeben sich Abschätzungen für die weitere Entwicklung, wie wir sie vor einigen Jahrzehnten beim Einsatz der Verstärker in der Meßtechnik beobachten konnten: Früher vom eigentlichen Meßgerät getrennt als Sondergerät angesehen und eingesetzt, sind sie heute in großem Umfang in das Meßgerät selbst integriert. Diese Entwicklung wird sich im nächsten Jahrzehnt beim Spezialrechner zur Auswertung der vom Meßgerät abgegebenen Information einschließlich der bereits o. a. Informationsreduzierung vollziehen. Es ist bereits heute nur eine Frage der Auffassung, ob man z. B. den im Korrelationsmeßgerät enthaltenen rechentechnischen Teil als zugeschnittenen speziellen Rechner betrachtet oder nicht.

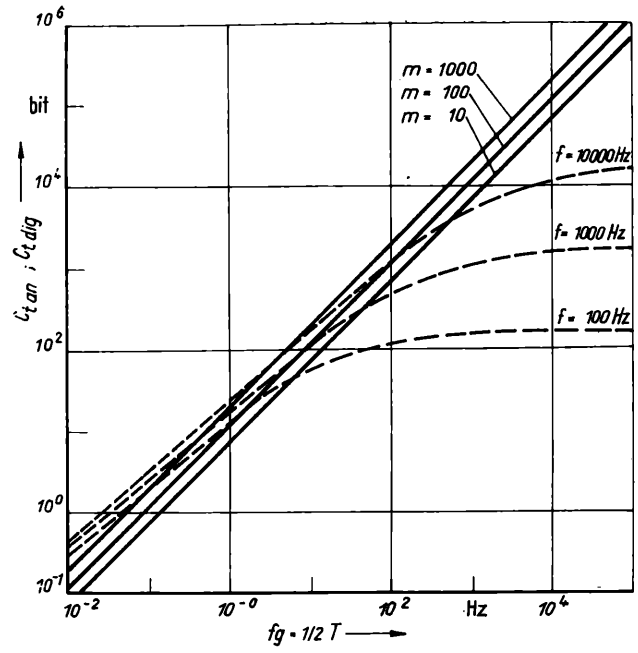


Bild 7
Kanalkapazitäten analoger und digitaler Verfahren
– – – digitale Verfahren
——— analoge Verfahren

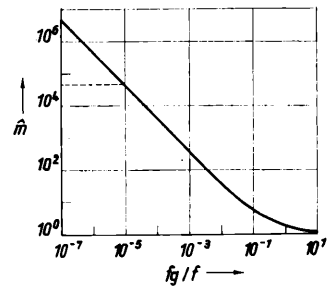


Bild 8
Wertezuordnungen, bei denen beide Verfahren die gleichen Kanalkapazitäten besitzen
– – – zusätzliche Begrenzung der Stufenzahl bei digitalen Verfahren nach Gl. (17)

Nach diesem Überblick nun wieder zurück zu den digitalen und analogen Meßverfahren. Durch Einsetzen der entsprechenden Gleichungen für $\hat{m}$ bzw. f_g errechnet sich für den Fall digitaler und analoger Meßeinrichtungen die Kanalkapazität bei analoger Messung:

$$C_{t\,\mathrm{an}} = 2 f_g \, {}^2\log \hat{m} = 2 f_g \, {}^2\log\left(1 + \frac{1}{2\,\underset{\sim}{F}}\right), \tag{12}$$

bei digitaler Messung:

$$C_{t\,\mathrm{dig}} = \frac{1}{T} \, {}^2\log\,(1 + T f) = 2 f_g \, {}^2\log\left(1 + \frac{f}{2 f_g}\right). \tag{13}$$

Damit läßt sich der Verlauf der Kanalkapazität analoger und digitaler Verfahren als Funktion von der Grenzfrequenz errechnen. Die so ermittelten Werte wurden für verschiedene Impulsfrequenzen f bei den digitalen Verfahren bzw. für verschiedene statische Fehler $\hat{m}$ bei den analogen Verfahren im Bild 7 aufgetragen. Es zeigt, daß digitale Verfahren bei relativ niedrigen Grenzfrequenzen, analoge bei hohen Grenzfrequenzen überlegen sind. Ferner läßt sich aus Bild 7 entnehmen, daß die Güte digitaler Verfahren praktisch allein durch die verwendete Impulsfrequenz f bestimmt wird.

Die Schnittpunkte der Kurven, d. h. die Werte, bei denen die beiden Verfahren die gleichen Kanalkapazitäten besitzen, errechnen sich aus den Gln. (12) und (13) zu

$$T f = \frac{j}{2 f_g} = \frac{1}{2\,\underset{\sim}{F}} = \hat{m} - 1\,. \tag{14}$$

Grafisch aufgetragen erhält man die Abhängigkeit nach Bild 8. In diesem Bild liegt entsprechend dem Bild 7 links von der Kurve, d. h. bei kleineren Werten von f_g/f der Bereich, in dem die digitale Meßanordnung überlegen ist. Umgekehrt ist bei größeren Werten von f_g/f die analoge Meßeinrichtung besser.

Tatsächlich weist die Meßzeit T in der Praxis stets einen Fehler F_T auf, der vom Aufwand beim Zeitgeber abhängt. Bei der Steuerung dieses Zeitgebers durch einen Quarz sind Fehler von 10^{-5} bis 10^{-6} üblich, bei extremem Aufwand (Temperaturstabilisierung, Stabilisierung der Speisespannungen) können etwa $F_T = 10^{-9}$ bis 10^{-10} erreicht werden, über kurze Zeiten noch ein bis zwei Größenordnungen mehr.

Zur Abschätzung des Einflusses einer Ungenauigkeit der Meßzeit ist zu beachten, daß hierdurch bedingte Meßfehler erst dann auftreten, wenn der absolute Fehler $\Delta T = F_T\, T$ mindestens eine Periode der Pulsfrequenz f beträgt. Damit ergeben sich wegen dieses Fehlers bei der Meßzeit erreichbare maximale Amplitudenstufenzahlen der digitalen Messung von

$$\hat{m}_{\max} = \frac{1}{2\,F_T} + 1\,. \tag{15}$$

Im Bild 8 wurde gestrichelt eine derartige Begrenzung bei einem angenommenen Fehler der Meßzeit von $F_T = \pm\, 10^{-5}$ eingezeichnet. Wie man Bild 8 entnimmt, wird durch einen derartigen Fehler bei der Meßzeit eine Grenze für die Impulsfrequenz festgelegt, die für dieses Beispiel bei $f/f_g = 10^5$ liegt. Die Wahl einer höheren Impulsfrequenz ist sinnlos, da sich hierdurch ohne gleichzeitige Verringerung des Fehlers bei der Meßzeit keinerlei Verbesserungen mehr erreichen lassen.

4. Schlußfolgerungen und prognostische Einschätzung der Entwicklung

Der Vergleich mit Hilfe der Kanalkapazität zeigte eine Grenze für das dynamische Verhalten, dargestellt durch die Grenzfrequenz f_g, auf, unterhalb deren eindeutig digitale Verfahren, oberhalb deren analoge Verfahren überlegen sind. Diese Grenzfrequenz wird bestimmt durch die erreichbare Genauigkeit und den Korrekturgrad bei den analogen Verfahren einerseits und durch die verwendbaren Impulsfrequenzen bei den digitalen Verfahren andererseits. Nimmt man als derzeit mit vertretbarem Aufwand erreichbaren Wert für den Fehler bei den analogen Verfahren 10^{-3} an, so ergibt sich für diese Grenzfrequenz der Wert $f_g = 5 \cdot 10^{-4} f$, d. h., unterhalb von 0,5‰ der Impulsfrequenz f sind die digitalen Verfahren überlegen. Bei den gegenwärtig in der Meßtechnik im allgemeinen verwendeten Impulsfrequenzen von 1 bis 10 kHz bedeutet dies, daß sich Grenzfrequenzen in der Größenordnung von Bruchteilen von Hz bis zu einigen Hz ergeben.

Damit die Vorteile der digitalen Verfahren (wesentlich größere Genauigkeiten, Fehler $< 10^{-4}$) voll zur Wirkung kommen, wird man noch ein bis zwei Größenordnungen weniger einsetzen dürfen. Das entspricht auch den praktischen Erfahrungen.

Die Untersuchungen zeigen weiterhin, daß es im allgemeinen wegen der heute mit vertretbarem Aufwand erreichbaren Genauigkeit der Abtastzeit von etwa 10^{-5} bis 10^{-6} keinen Sinn hat, kleinere Fehler als etwa 10^{-5} bei den digitalen Verfahren anzustreben.

Eine Ausnahme stellen lediglich Verfahren für Sonderforderungen dar, bei denen der erhöhte Aufwand für eine Quarz-

stabilisierung mit Thermostat für die Abtastzeit in Kauf genommen werden kann.

Hinsichtlich der weiteren prognostischen Entwicklung lassen die Untersuchungen ebenfalls eine Reihe wichtiger Einschätzungen zu. Aus den gerade in den letzten Jahren in großem Umfang erfolgten Untersuchungen der prognostischen Entwicklung anderer Gebiete lassen sich auf Grund der gleichen Tendenz der Impulsfrequenzen Angaben über die voraussichtliche Entwicklung des Anwendungsgebietes der digitalen Verfahren für die nächsten Jahrzehnte gewinnen. So zeigen die Einschätzungen der weiteren prognostischen Entwicklung insbesondere der Rechentechnik unter Beachtung der entsprechenden Angaben der Bauelementeseite, daß mit einer weiteren schnellen Verbesserung der dynamischen Eigenschaften der Bauelemente und damit der Rechengeschwindigkeiten zu rechnen ist. Danach dürfte sich etwa eine Verzehnfachung der Rechengeschwindigkeiten alle 7 Jahre ergeben. Da die gleichen Baugruppen im Zuge der international zu beobachtenden Entwicklung von einheitlichen Systemkonzeptionen auch in der Automatisierungstechnik und Meßtechnik zum Einsatz kommen werden, dürfte die Annahme des gleichen Trends für dieses Gebiet erlaubt sein. Unter Benutzung der o. a. gegenwärtigen Grenzfrequenzen von Bruchteilen von Hz bedeutet das, daß etwa 1975 Grenzfrequenzen von einigen Hz, 1980 Grenzfrequenzen von einigen 10 Hz bei digitalen Verfahren gebräuchlich sein werden.

Auch die erreichbaren Spitzenwerte unter Einsatz der schnellsten Schaltkreise der digitalen Rechentechnik lassen sich leicht abschätzen. Danach erhält man gegenwärtig bei Impulsfrequenzen von der Größenordnung MHz und bei zulässigen Fehlern von 10^{-5} mit der gleichen Rechnung Grenzfrequenzen von der Größenordnung 10 Hz.

In diesem Jahrzehnt werden sich folglich bei Einsatz schneller Schaltkreise der Rechentechnik in integrierter Technik die gleichen Grenzfrequenzen von der Größenordnung 10 Hz bei Fehlern von 10^{-6} erreichen lassen bzw. höhere Grenzfrequenzen bei entsprechend größeren Fehlern.

Eine weitere wesentliche Verbesserung wird bei den digitalen Verfahren in diesem Jahrzehnt die Verwendung des Prinzips der Vervielfachung der Impulsfrequenz bzw. der Vergleichszählung ermöglichen. Es kann angenommen werden, daß hierdurch Verbesserungen um mindestens ein bis zwei Größenordnungen möglich sind, da sich derartige Vervielfachungsfaktoren heute bereits realisieren lassen.

Im Zuge der erkennbaren Tendenz zu komplexen Systemen der Meßwertverarbeitung wird dabei der spezielle Rechner im Meßgerät integriert sein und die Informationsreduzierung und damit die automatische Meßwertverarbeitung mit übernehmen. Das in der Rechentechnik angewandte Baukastenprinzip wird sich hier als außerordentlich nutzbringend erweisen, da sich so diese Spezialrechner zu einem großen Teil aus einheitlichen Baugruppen aufbauen lassen, wobei für die Anwendung in der Meßtechnik zudem meist die langsameren und damit billigeren Baureihen genügen werden.

Für das Gebiet der Informationserfassung und -verarbeitung mit hohen Anforderungen an die Dynamik und speziell für die Schwingungsmeßtechnik dagegen wird auch in diesem Jahrzehnt sicher die analoge Technik überlegen sein und daher weiterhin zum Einsatz kommen, zumal hier die Möglichkeit der Korrektur das dynamische Verhalten noch um ein bis zwei Größenordnungen zu verbessern gestattet.

msr 3522

W. RICHTER und D. ZAPPE

Charakterisierung von Methoden zur Prozeßmessung

IA 3.2.4.1

Problemstellung[1])

Zur Führung von Prozessen können zwei unterschiedliche Methoden benutzt werden. Die eine stützt sich auf die Untersuchung von Elementarobjekten und deren zeitlichem Verhalten, den sog. Elementarvorgängen. Bei der anderen Methode werden die Elementarobjekte nur summarisch erfaßt. Beide Methoden werden gemeinsam zur Charakterisierung eines Prozesses benötigt, für den sie spezifische Aussagen liefern.

Im Entwicklungsstadium einer Prozeßanlage kommt es darauf an, die Elementarvorgänge meßtechnisch zu erfassen, um sie durch konstruktive Maßnahmen beherrschen zu können. Daher sind Messungen an einzelnen Elementarobjekten wie Stoffkörnern und Gasblasen notwendig.

Die laufenden Betriebsmessungen setzen voraus, daß ein optimaler stationärer Zustand bekannt und erreichbar ist. Dabei kann auf den Nachweis einzelner Elementarobjekte verzichtet werden, deren große Menge eine sehr aufwendige Informationsauswertung erfordert. Der Prozeß läßt sich dann durch statistische Merkmale einer geeigneten Gesamtheit von Meßwerten charakterisieren.

Für die vorliegende Arbeit wurden Untersuchungen an einem Wirbelprozeß vorgenommen, weil hier statistische Gesetzmäßigkeiten besonders gut hervortreten. Um bei Messungen an Gesamtheiten mit einer „Bezugsgesamtheit" vergleichen zu können, wird die radiometrische Durchstrahlungsmethode angewendet. Ohne Einwirkung des Prozesses auf die Strahlungsvorgänge ergibt sich als Bezugsgesamtheit eine poissonverteilte Gesamtheit von Meßwerten.

1. Grundlagen

1.1. Messung an einzelnen Elementarobjekten

Elementarobjekte sind je nach Abgrenzung Teilchen, Blasen, Kanäle, Totzonen oder andere. Von der Verfahrenstechnik her interessieren ihre Merkmale wie Größe, Volumen, Masse, Durchmesser, Geschwindigkeit, zeitliche Entwicklung. Sie werden durch Messung von Zeiten, Amplitudenänderungen und deren Korrelationen ermittelt. Um genügend genaue Angaben über die Elementarobjekte zu erhalten, sind Mittelungen notwendig. Das Ziel solcher Untersuchungen ist die optimale räumliche und zeitliche Gestaltung der Elementarvorgänge. An jedem Ort einer Wirbelschicht sollen z. B. ähnliche Mikrowirbel stattfinden. Man spricht

[1]) Mitteilung aus der Sektion Physik (Dir.: Prof. Dr. rer. nat. habil. *G. Heber*) der Technischen Universität Dresden.

dann von einer räumlichen Homogenität und zeitlichen Konstanz des Prozesses. Im Interesse einer gleichmäßigen Volumenausnutzung chemischer Reaktoren, einer günstigen Energiebilanz und einer gleichmäßigen Produktqualität werden im allgemeinen sowohl Kanal- als auch Totzonenbildung zu vermeiden sein.

1.2. Messung an einer Gesamtheit

Je nach Art und Anzahl der Elementarvorgänge in einem Prozeß, deren zeitliche Folge eine Gesamtheit darstellt, gelten unterschiedliche wahrscheinlichkeitstheoretische Sätze, z. B. Grenzwertsätze bei sehr langen Folgen. Darauf beruhen die Methoden zur Analyse der entsprechenden Gesamtheiten von Meßwerten. Die von einem Prozeßzustand zu einem anderen sich ändernde Folge von Elementarvorgängen äußert sich in unterschiedlichen Zufallsverteilungen der Meßwerte. Dabei ist es für die Prozeßführung nicht notwendig oder nicht sinnvoll, eine Zuordnung der Meßergebnisse zu den physikalischen Merkmalen wie Teilchengröße, Stoffdichte u. a. vorzunehmen. Die Prozeßführung beruht auf der Tolerierung betimmter statistischer Momente bei konstantem Verteilungsgesetz. Die Erkennung von Havarien und von Funktionsstörungen in der Meßeinrichtung begründet sich auf die auch visuell erfaßbare Änderung des statistischen Verteilungsgesetzes der Meßwerte. So können je nach Prozeßzustand und Funktionsstörung an einem Meßort z. B. Gleich-, Exponential-, χ^2-, Normal- und Poisson-Verteilungen auftreten. Wirbelschichten eignen sich gut für Modelluntersuchungen, weil ausgeprägte Zufallserscheinungen vorhanden sind und eine große Anzahl unterschiedlicher Zustände nach *Danke* [1] möglich ist (Tafel 1).

1.3. Eignung radiometrischer Meßverfahren

Die Anwendung radiometrischer Verfahren zur technischen Betriebskontrolle, vorwiegend zur Bestimmung der Mittelwerte von Prozeßmerkmalen, ist bereits ausführlich beschrieben [2]. Beim Durchstrahlungsverfahren beruht der Meßeffekt auf der Absorption oder der Schwächung von Kernstrahlung. Das für die Gamma-Strahlung gültige Schwächungsgesetz

$$I = I_0 \exp(-\mu \varrho d) \qquad (1)$$

gilt näherungsweise für gewisse ϱd-Bereiche auch für die Absorption der Beta-Strahlung. Dabei sind I_0, μ und d konstante Mittelwerte für Impulsdichte, Schwächungskoeffizient und durchstrahlte Strecke, während $\varrho = \varrho(t)$ die interessierende Zeitfunktion ist. Die Impulsdichte wird durch Zählung bestimmt. Diese Variante erscheint im Hinblick auf ein System der automatischen Meßwerterfassung und -verarbeitung mit Digitalrechner besonders günstig.

Mit dem radiometrischen Verfahren sind folgende Ergebnisse zu erwarten:
Ohne Einwirkung des Wirbelprozesses auf die Strahlungsvorgänge ergeben sich Poisson- bzw. Normal-Verteilungen der Meßwerte. Mit Einwirkung des Wirbelprozesses oder bei Funktionsstörungen in der Meßapparatur ergeben sich Abweichungen von den Bezugsverteilungen, die zur Prozeßführung oder zur Fehlerdiagnose ausgenutzt werden können. Da der Schwächungskoeffizient μ in Gl. (1) sehr stark von Art und Energie der Strahlung abhängt, ergeben sich hier große Unterschiede bei der Verwendung von Beta- und Gamma-Strahlung. Dies sei am Beispiel einer Blasenbewegung durch die vertikale Meßstrecke dargestellt, die sich als Erhöhung der Impulsrate äußert (Bild 1). Bei Beta-Strahlung (A') hebt sich die Blase deutlich vom Untergrund ohne

Tafel 1. Kennzeichnung von Wirbelzuständen

Zustand	Bezeichnung	Beobachtung
0	ruhende Schicht, Totvolumen	Die Feststoffteilchen ruhen. $v = 0$
1	homogene Schicht	Die Feststoffteilchen ruhen. $v \approx 0$
2	klassierende Schicht	Die Feststoffteilchen sortieren sich in einem Übergangsvorgang und ruhen danach.
3	kochende Schicht	Viele kleine Blasen treten auf. Sie sind gleichmäßig über den gesamten Wirbelschichtquerschnitt verteilt.
4	brodelnde Schicht	Auch große Blasen erscheinen und schleudern Teilchen aus der Schicht. $v \approx v_w$ (v_w Wirbelpunktgeschwindigkeit)
5	stoßende Schicht	Eine Blase nimmt den Querschnitt der Schicht vollständig ein und hebt diese.
6	Kanal, Bach	Das Trägermedium strömt in einem Kanal. Der Feststoff bewegt sich kaum.

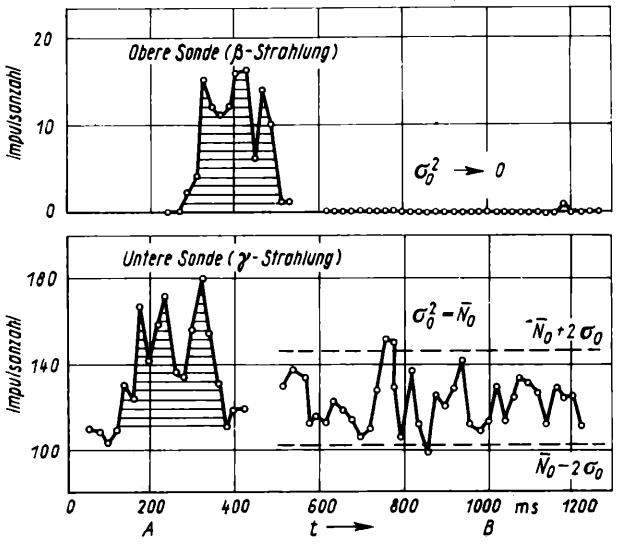


Bild 1. Radiometrischer Nachweis von Einzelblasen mit zwei Sonden (Meßzeit = Meßpause = 10 ms)

Blase (B') ab. Dieser Meßwertverlauf bietet gute visuelle Beobachtungsmöglichkeiten. Demgegenüber liefert die Gamma-Strahlung auch bei großer Stoffdichte (z. B. bei ruhender Schicht) eine von Null verschiedene Meßwertstreuung, wie sie für die maschinelle Informationsauswertung zur Ermittlung der Bezugsverteilung benötigt wird.

2. Versuchsapparatur

Die Untersuchungen wurden in einem Modell-Wirbelreaktor (20 bis 100 mm × 400 mm × 1000 mm) durchgeführt. Als wirbelnder Feststoff stand Sand bzw. Schlacke zur Verfügung. Die radiometrische Beta-Miniatursonde wurde bereits für Dichtemessungen in Wirbelschichten eingesetzt und beschrieben [2]. Ein zweiter Meßkanal bestand aus einer Gamma-Sonde mit einem Szintillationsdetektor. Zum Vergleich der radiometrischen Ergebnisse mit den Beobachtungen wurde die zweidimensionale Wirbelschicht gefilmt. Die Detektorsignale gelangten über Verstärker- und Diskriminatoreinrichtungen zu einem 512-Kanal-Speicher. Die Ergebnisse wurden anschließend einer EDV-Anlage zur weiteren Auswertung zugeführt (Bild 2).

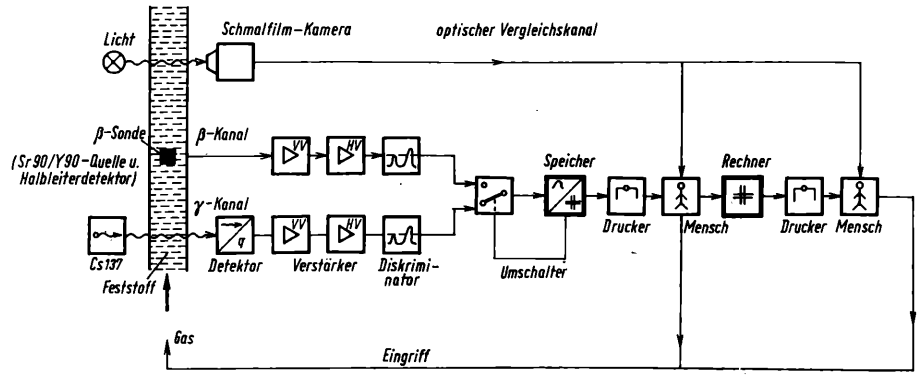


Bild 2. Versuchsaufbau

Bild 3. Radiometrische Bestimmung der Blasenform
a) Horizontale Wirbeldüse (zeitliche Mittelung über 5 Blasen)
b) Vertikale Wirbeldüse (zeitliche Mittelung über 4 Blasen)

3. Meßergebnisse

3.1. Messung an einzelnen Elementarobjekten

In der Wirbelschicht sind Kenntnisse über die Steiggeschwindigkeit der Blasen, die (vertikale) Ausdehnung der Blasen und die Stoffdichte in einer Blase von Interesse. Die Steiggeschwindigkeit wird bestimmt aus der Laufzeit der Blase zwischen zwei Meßsonden, d. h. aus der Verschiebung der Impulsratenmaxima zwischen unterer und oberer Sonde nach Bild 1 ($A - A'$).

Die Auswertung erfolgt zweckmäßigerweise durch Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion

$$K_{fg}(k\,\Delta t) = \frac{1}{n-k}\sum_{i=1}^{n-k} f_i\, g_{i+k}\,. \qquad (2)$$

f_i Verlauf der Impulsrate der unteren Sonde zum Zeitpunkt $i\,\Delta t$, g_{i+k} Verlauf der Impulsrate der oberen Sonde zum Zeitpunkt $(i+k)\,\Delta t$ (also gegenüber f_i um die Zeit $k\,\Delta t$ verschoben), n Gesamtzahl der aufgenommenen Meßwerte.

Die Ausdehnung der Blasen läßt sich mit der Beta-Sonde wegen des großen Absorptionskoeffizienten $\mu \gtrapprox 5$ cm²/g gut bestimmen.

Durch Mittelung des Zeitverlaufes der Impulsraten läßt sich ein Maß für die Blasenformen bei unterschiedlicher Wirbelbettgestaltung finden (Bild 3).

3.2. Messung an einer Gesamtheit

Die Auswertung der Gesamtheit von Meßwerten soll klären, welcher Prozeßzustand (hier: Wirbelzustand) oder welche Funktionsstörung in der Meßeinrichtung vorliegt. Dem Personal in Leitzentralen angemessen erscheint eine Informationsübermittlung in anschaulichen Sichtbildern. Zu diesem

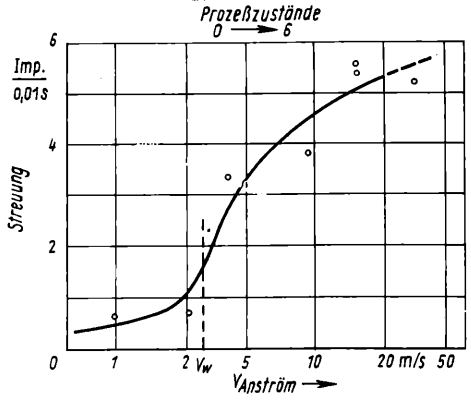
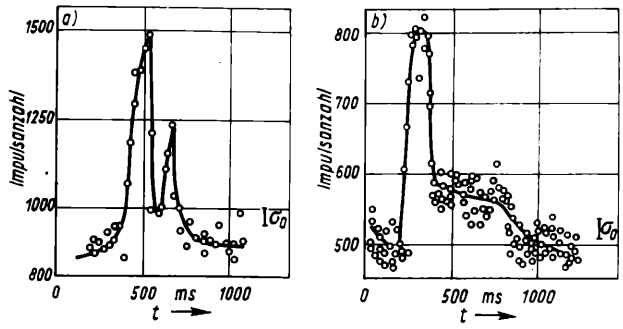
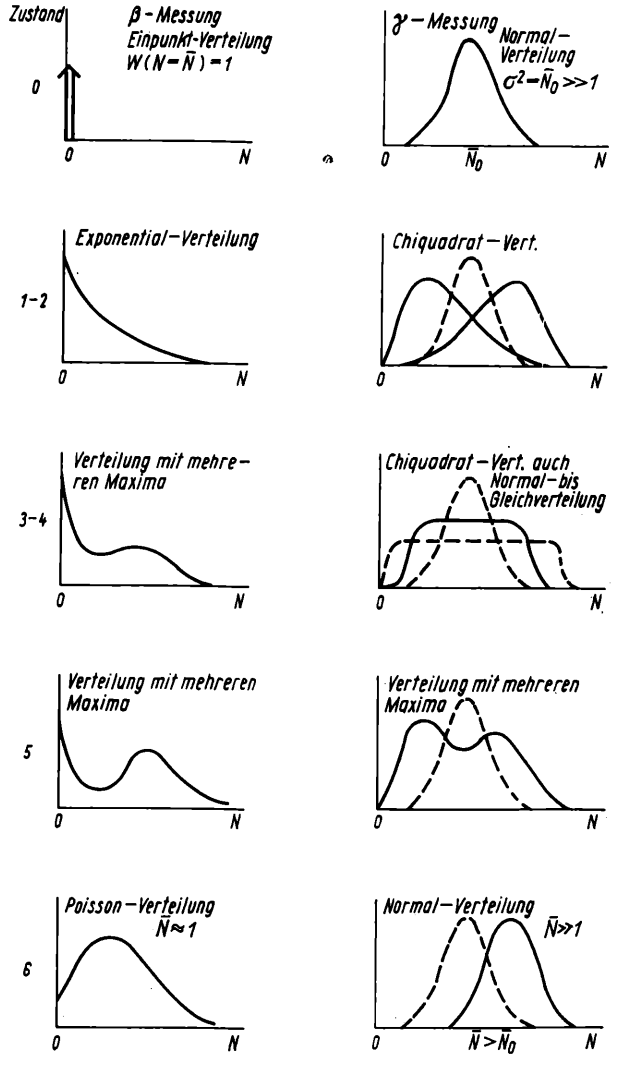


Bild 4. Abhängigkeit der Meßwertstreuung von der Anströmgeschwindigkeit (Streuung = Maß für Prozeßzustand, v_w Wirbelpunktgeschwindigkeit, Meßzeit gleich Meßpause = 10 ms)



Tafel 2. Zuordnung Prozeßzustand–Verteilung der Meßwerte



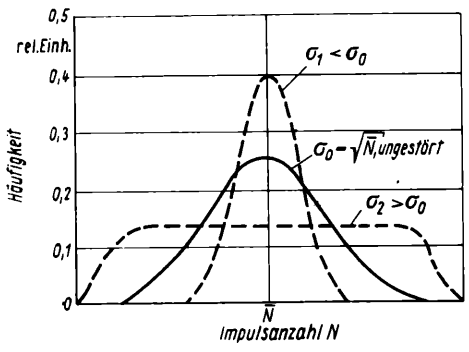


Bild 5. Häufigkeitsverteilungen der Meßwerte zur Fehlererkennung bei Prozeßmessungen

Zweck werden Häufigkeitsverteilungen der Meßwerte gebildet (Tafel 2). Geringe Abweichungen vom Normalzustand sind visuell nicht erkennbar, wohl aber unterschiedliche Wirbelzustände über die ihnen eigenen Zufallsgesetze. Die optimale automatische Prozeßführung (ohne Havarie und ohne Funktionsstörung in der Meßeinrichtung) verlangt dagegen maschinell verarbeitbare Informationen. Dazu eignen sich die statistischen Momente, insbesondere das zweite Moment (Bild 4). Die kontinuierliche Funktionskontrolle der Meßeinrichtung läßt sich ohne zusätzlichen Aufwand an Prüfgeneratoren bei den Gamma-Messungen durchführen. Bei ruhender Schicht bzw. bei Ausschaltung des Einflusses der Wirbel müssen die Meßwerte in erster Linie der Statistik der Strahlungsemission unterliegen. Abweichungen von der Normalverteilung mit $\sigma_0 = \sqrt{\bar{N}}$ deuten auf Funktionsstörungen hin (Bild 5).

$\sigma_0 = \sqrt{\bar{N}}$ keine Störungen,

$\sigma_1 < \sigma_0$ zu geringe Streuung der Meßwerte, z. B. periodische Störimpulse, Zählschaltungen mit zu hoher Totzeit

$\sigma_2 > \sigma_0$ zu große Streuung, (z. B. statistische Störimpulse, zu hohes Eigenrauschen, Drift).

Zusammenfassung

Zwei Gruppen von Prozeßmessungen sind zu unterscheiden:

— Messungen an Elementarobjekten und Elementarvorgängen sowie

— Messungen an Gesamtheiten.

Die erste Gruppe tritt insbesondere im Forschungsstadium bei der konstruktiven und technologischen Optimierung in den Vordergrund. Zweck solcher Messungen sind Gewährleistung und Nachweis der räumlichen Homogenität und der zeitlichen Konstanz des Prozesses.

Die zweite Gruppe eignet sich vor allem zur kontinuierlichen Prozeßführung. Unterschiedliche statistische Merkmale von Häufigkeitsverteilungen der Meßwerte gestatten hier Rückschlüsse auf Prozeßzustände und Funktionsstörungen im Meßsystem.

Experimentell wurden Kernstrahlungsmessungen an einem Wirbelschichtmodell vorgenommen, da entsprechende Prinzipien in der chemischen Verfahrenstechnik ständig an Bedeutung zunehmen.

Literatur

[1] *Danke, E.:* Messungen an einer zylindrischen Wirbelschichtapparatur von 400 mm Durchmesser. Diplomarbeit, TH Merseburg 1967.

[2] *Schuricht, V.:* Radiometrische Meßeinrichtung für Wirbelschichtuntersuchungen. Isotopenpraxis 4 (1968) H. 8, S. 324—326.

msr 3551

Anschriften der Verfasser:

W. Richter, Dr.-Ing., VEB Meßelektronik Dresden, 8016 Dresden, Marschnerstr. 26, und *D. Zappe*, Dipl.-Phys., Technische Universität Dresden, Sektion Physik, Bereich Exp.-Physik III, 8027 Dresden, Zellescher Weg 19.

D. KOCHAN

Anwendung problemorientierter Programmiersprachen

IA 6.4

Einleitung[1])

Die immer mehr zunehmende Automatisierung formalisierbarer geistiger Tätigkeiten mittels der elektronischen Datenverarbeitung fordert in immer stärkerem Maße die Entwicklung geeigneter Verständigungsmittel mit dem Rechenautomaten. Als derartige Verständigungsmittel, quasi als Brükken zur Anwendung der elektronischen Datenverarbeitung, sind die problemorientierten Programmsprachen anzusehen. Problemorientierte Programmsprachen sind praktisch Hilfsmittel zur Formulierung bestimmter Aufgabenstellungen in einer bequemen, verständlichen Form. Sie enthalten Wörter einer lebenden Sprache und symbolische Bestandteile. Eine problemorientierte Programmsprache wird auch als symbolische oder algorithmische Sprache bezeichnet, denn sie besteht aus:

— einem Zeichenvorrat

— einem vereinbarten Wortschatz (Vokabularium) mit bestimmter Wortbedeutung (Semantik)

— und Regeln, diese Wörter zu benutzen (Syntax; Lehre vom Satzbau).

Um ein mit Hilfe einer problemorientierten Programmsprache symbolisch geschriebenes Programm verarbeiten zu können, muß es in die Maschinensprache übersetzt werden. Dies geschieht mit Hilfe eines Übersetzungsprogrammes, das als Compiler bezeichnet wird.

Damit ist eine Programmsprache für den Menschen besser zu handhaben als die sogenannte Maschinensprache, die als interner Kode nur aus den Binärwerten des Dualsystems besteht.

Die Begriffe einer Programmsprache sind begrenzt an Zahl, prägnant und eindeutig. Um den Wortschatz der Sprache auf ein Mindestmaß zu beschränken, ist sie auf ein spezielles Problem ausgerichtet (problemorientiert).

Zur Zeit existieren u. a. Sprachen für folgende Problemkreise:

— Naturwissenschaft und Technik

  FORTRAN, ALGOL } in verschiedenen Versionen

— kommerzielle Probleme

  COBOL

[1]) Nach einem Vortrag, der auf dem 5. Wissenschaftlichen Kongreß der KDT — der am 26. und 27. Februar 1970 in Leipzig stattfand — gehalten wurde.

Mitteilung aus dem VEB Carl Zeiss JENA.

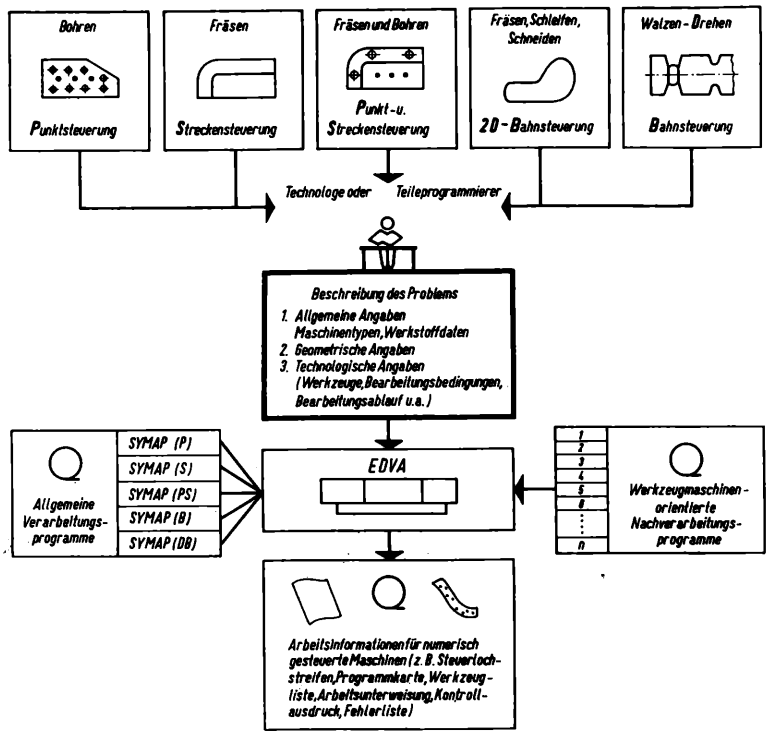


Bild 1. Übersicht über das SYMAP-System

Im Bild 1 sind die 5 Sprachteile des SYMAP-Systems gezeigt.

SYMAP (P)	für Punktsteuerungen
SYMAP (S)	für Streckensteuerungen
SYMAP (PS)	für Punkt- und Streckensteuerungen
SYMAP (B)	für Bahnsteuerungen
SYMAP (DB)	für Drehmaschinen mit Bahn- und Streckensteuerungen.

Durch diese zweckmäßige Unterteilung und damit maximale Anpassung an die vorliegenden Fertigungsprobleme ergibt sich gleichzeitig eine leichte Erlernbarkeit und gute praktische Handhabung des relativ geringen Vokabulariums.

2. Im Gegensatz zu den meisten im freien Format vorgebbaren Symbolsprachen wird bei SYMAP ein festes Eingabeformat verwendet. Dadurch wird eine konzentrierte Darstellungsform erreicht, die wiederum einfachere Übersetzungsprogramme gestattet.

3. Die größtmögliche Sicherheit der Programmierung und möglichst leichte Erlernbarkeit wird durch die der deutschen Sprache entlehnten Wortbildungen erreicht. Der einfache Sprachaufbau gestattet für die internationale Übertragbarkeit dabei einen Austausch des Vokabulariums in jede beliebige Landessprache.

4. Die im SYMAP-System zugrunde gelegte Syntax ermöglicht eine unkomplizierte und leicht einprägsame Sprachstruktur. Außer den Vorteilen der guten syntaktischen Fehlerkontrolle und der Möglichkeit des Einsatzes kleinerer EDVA kommt die gewählte Sprachstruktur notwendigen Inhaltserweiterungen entgegen.

Das SYMAP-System ist demnach einer technischen Weiterentwicklung gut angepaßt. Weiterhin sind damit gute Voraussetzungen für eine wesentlich breitere Anwendbarkeit gegeben.

- Linguistik
  - COMIT
  - CLIP
  - SLANG
- Medizin
- Fertigungstechnik
  - APT
  - AUTOSPOT
  - PROFILDATA
  - EXAPT
  - seit 1969 IFAPT NUCOL

DDR-Entwicklung SYMAP

u. v. a. m.

Die Anzahl von mehr als 50 bekannten fertigungstechnisch orientierten Programmsprachen wird in der Literatur häufig als babylonisches Sprachgewirr charakterisiert.

Trotz des in Theorie und Praxis erreichten Standes auf dem Gebiet der Entwicklung problemorientierter Programmsprachen und trotz intensiver Vereinheitlichungsbestrebungen innerhalb der ISO konnte keines der bisher bekannt gewordenen Systeme sich auf Grund eindeutiger Vorteile allgemein durchsetzen. Insbesondere bei dem amerikanischen System APT und auch den in Anlehnung daran entwickelten Programmsprachen ist als ein entscheidender Nachteil die Notwendigkeit der Anwendung großer Rechner zu nennen. Dieser und eine Anzahl weiterer Gründe führten dazu, in der DDR eine eigene Programmsprache zu entwickeln. Die in sozialistischer Gemeinschaftsarbeit führender Institutionen der Fertigungstechnik, des Werkzeugmaschinenbaus und der maschinellen Rechentechnik unter der Leitung des VEB Carl Zeiss JENA geschaffene Programmsprache SYMAP (**SY**mbolische **MA**schinelle **P**rogrammierung) zeichnet sich durch eine Reihe wesentlicher Vorteile aus.

1. Die nach steuerungstechnischen und technologischen Gesichtspunkten festgelegte Untergliederung in z. Z. 5 Sprachteile innerhalb des Gesamtsystems gestattet die Implementation, d. h. rechentechnische Realisierung auf Rechnern mittlerer Größe.

1. Erläuterungen zum SYMAP-System

Den prinzipiellen Aufbau des SYMAP-Systems in Zeichen, Worte, Instruktionen, Blöcke, Programme veranschaulicht Tafel 1.

1.1. SYMAP-Formular

Die Anwendung des SYMAP-Systems zur Beschreibung der Bearbeitungsaufgaben erfolgt zweckmäßig unter Verwendung eines besonderen Programmformulars (Tafel 2).

Damit wird eine größtmögliche Übersichtlichkeit gewährleistet. Jede Zeile des Formulars ist in 10 Felder eingeteilt. Bei Lochkarteneingabe ist jeder Zeile eine Lochkarte zugeordnet. Die prinzipielle Erläuterung zum Inhalt der einzelnen Felder ist ebenfalls in der Tafel 2 dargestellt. Weitgehende Erläuterungen enthalten die einzelnen Sprachbeschreibungen des gesamten Systems. Wird die Reihenfolge bei der Beschreibung der Problemstellungen eingehalten, so könnten die SYMAP-Formulierungen auch im freien Format vorgegeben werden.

1.2. Beschreibungsschema

Im Zusammenhang mit dem SYMAP-Formular wird für die Darstellung der verschiedenen Angaben ein besonderes

Tafel 1. Aufbau der SYMAP-Sprache

Buchstaben	Zeichen: Ziffern		Sonstige Zeichen	
A B C D E F . . . . . . U V W X Y Z	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9		− Vorzeichen . Dezimalpunkt ,' Tab Worttrennzeichen ⇐ Zeilentrennzeichen	
Literale	Worte der Symbolsprache	Worte Variable	Arithmetische Variable	Zahlen
Zeichenketten aus max. 8 Zeichen, ihrer Struktur nach unveränderlich	Befehlsworte Definitionsworte Modifikationsworte Markierungen	zum Kennzeichnen def. Elemente	zum Kennzeichnen definierter Größen in Parameterliste	Dezimalzahlen, ganze Zahlen

Instruktionen (Sätzen)

Alle Worte, die in einer Zeile mit Befehlswort und darauffolgenden Zeilen ohne Befehlswort stehen.

Block

Folge von Instruktionen. Umfaßt Programmabschnitt, der vollständig mit einem bestimmten Komplexprogramm erledigt werden kann.

Programm

Zusammengesetzt aus einem oder mehreren Blöcken Quellen- oder Werkstückprogramm

Tafel 2. SYMAP-Formular

Lfd. Nr.	Befehlswort	Variable	Definit.-Wort	Parameterliste (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

Erläuterung des Formulars

Feld	Bedeutung der Eintragung
Lfd. Nr.	Laufende Nummer zur Kennzeichnung der in einer Zeile befindlichen Informationen
Befehlswort	Wort der Symbolsprache zur Vorgabe von Anweisungen für das Rechenprogramm oder die Werkzeugmaschine z. B. PROGR START BLENDE STOP
Variable	Kurzbezeichnung (Name) eines definierten Elementes
Definit.-Wort	Wort der Symbolsprache, das ein für die Verarbeitung der Definition eines bestimmten Elementes dienendes Unterprogramm bezeichnet
Parameterliste (1)...(6)	Zahlen, Variable und Modifikationsworte der Symbolsprache können als Bestimmungsstücke vorgegeben werden. Sie dienen zur genauen Festlegung einer Definition

Beschreibungsschema zugrunde gelegt. Die entsprechenden Festlegungen sind in den jeweiligen Sprachbeschreibungen der einzelnen Teilsysteme dargestellt. Die darin festgelegte Struktur der Beschreibungsform ist für jedes einzelne zu beschreibende Problem einzuhalten.

Ein geeignetes Beispiel für zwei Geradendefinitionen im SYMAP-System wird in der Tafel 3 gezeigt. Der Werkstückprogrammierer gibt in Abhängigkeit von den Erfordernissen der jeweiligen Programmieraufgaben die laufende Nummer, die Befehlsworte, die Variablen-Nummern, die Modifikationsworte und die Zahlenwerte vor. Die spezielle Programmierung muß strukturmäßig mit der im Beschreibungsschema dargestellten Form übereinstimmen.

Die Wortbedeutung der im SYMAP-System zugelassenen Kurzbezeichnungen kann nicht im einzelnen dargestellt werden. Diesbezüglich muß auf die vorliegenden Sprachbeschreibungen verwiesen werden.

Die gemeinsamen und für die einzelnen Sprachteile spezifischen Worte enthält Tafel 4 (Zusammenfassung der Wortbedeutungen im SYMAP-System).

Dazu ist festzustellen, daß sich auch innerhalb der einzelnen Sprachteile viele Worte wiederholen, so daß sich das jeweils von einem Sprachteil zum anderen neu zu erlernende Vokabularium wesentlich verringert. Da praktisch die meisten Worte in den einzelnen Sprachteilen wieder verwendet werden, sind für einen neuen Sprachteil im wesentlichen nur die technologischen Definitionen neu zu lernen. Der Gesamtumfang des SYMAP-Vokabulariums umfaßt unter diesem Aspekt z. Z. etwa 200 Worte.

2. Grundprinzipien bei der Anwendung von problemorientierten Programmsprachen für fertigungstechnische Aufgaben

Unter Automatisierung der formal-geistigen Tätigkeiten versteht man primär das Übertragen von immer wiederkehrenden Arbeitsverrichtungen vom Menschen auf ein Arbeitsmittel. Bei fertigungstechnischen Aufgaben, z. B. bei der Programmierung numerisch gesteuerter Maschinen, ist der Anteil der anfallenden Wiederholungsarbeiten durch die notwendige Detaillierung der benötigten Arbeitsinformationen besonders hoch. Damit ist eine klare Forderung nach Programmieren solcher Maschinen mit Rechnerunterstützung gegeben.

Die Aufgabe des Technologen bzw. Teileprogrammierers besteht darin, ausgehend von den in Form einer Zeichnung vorliegenden geometrischen Informationen, diese Daten so aufzubereiten und mit technologischen Angaben zu ergänzen, daß danach ein technologischer Ablauf erfolgen kann. Eine problemorientierte Programmsprache sollte bezüglich

Tafel 3. Erläuterung zum Beschreibungsschema im SYMAP-System

Beispiel: Beschreibungsschema für zwei Geradendefinitionen

Lfd. Nr.	Befehlswort	Variable	Definit.-Wort	Parameterliste 1	2	3	4	5	6
	G VOR 1	G 1 G 9	G X Y X Y GPK	$\{x_1\}$ P 1	$\{y_1\}$ K 1	$\{x_2\}$ (Tangen.) RTS	$\{y_2\}$		

Eintragung in spezielles Programm

19	brts	g 6	g x y x y	60	80	120	150
20	blks	g 12	gpk	P 5	k 3	rts	

Tafel 4. Zusammenfassung der Wortbedeutungen im SYMAP-System

	Befehlsworte		Variable	Definitionen		
	Maschine	Rechner		Geometrie	Technologie	Arithmetik
Gemeinsame Worte im SYMAP-System	START STOP STRLF	BEMERK BLOCK BLENDE PROGR, ENDE DRUCK, DEF TECH	A F P T U	PXY PPROC	TITEL VORCOD	IST
Σ 21	3	8	5	3	2	–
Zusätzliche Worte						
SYMAP (S) Σ 61	14	10	8	15	13	1
SYMAP (PS) Σ 129	16	14	11	38	38	12
SYMAP (B) Σ 141	26	28	10	54	11	12
SYMAP (DB) Σ 118	23	15	7	37	25	11

– der geometrischen Angaben universelle und einfache Beschreibungen gestatten und bezüglich

– der technologischen Angaben ein Minimum an Vorgaben erfordern.

2.1. *Geometrische Beschreibung*

Innerhalb des SYMAP-Systems sind für die einzelnen Sprachteile den Erfordernissen entsprechende geometrische Beschreibungsmöglichkeiten vorgesehen. Dabei sind für den Sprachteil SYMAP (B) die universellsten geometrischen Definitionsmöglichkeiten für ebene Bahnkonturen realisiert. Die Bilder 2 bis 4 zeigen die 10 Möglichkeiten, Punkte zu definieren, veranschaulichen die Beschreibungsformen für Geraden bzw. enthalten die Übersicht zu den möglichen Kreisdefinitionen.

Diese Beschreibungsmöglichkeiten sind z. T. und nach Bedarf auch in den anderen Sprachteilen, insbesondere SYMAP (DB) und SYMAP (PS), gegeben, so daß bei der Problembeschreibung nach dem SYMAP-System jeglicher manueller Rechenaufwand entfallen kann.

Wie bei allen hochentwickelten Programmiersystemen besteht auch bei SYMAP die Möglichkeit, durch Transformationen neue geometrische Elemente zu definieren oder sogar einen ganzen Programmabschnitt mit vielen geometrischen Elementen zu verschieben, zu drehen oder zu spiegeln. Beispiele dafür enthalten die Bilder 5 und 6 (geometrische Umformungen für den Sprachteil SYMAP (S)).

2.2. *Einbeziehung technologischer Einflußgrößen*

Die Berücksichtigung der technologischen Einflußgrößen bezieht sich auf die Art der Vorgabe oder Bestimmung

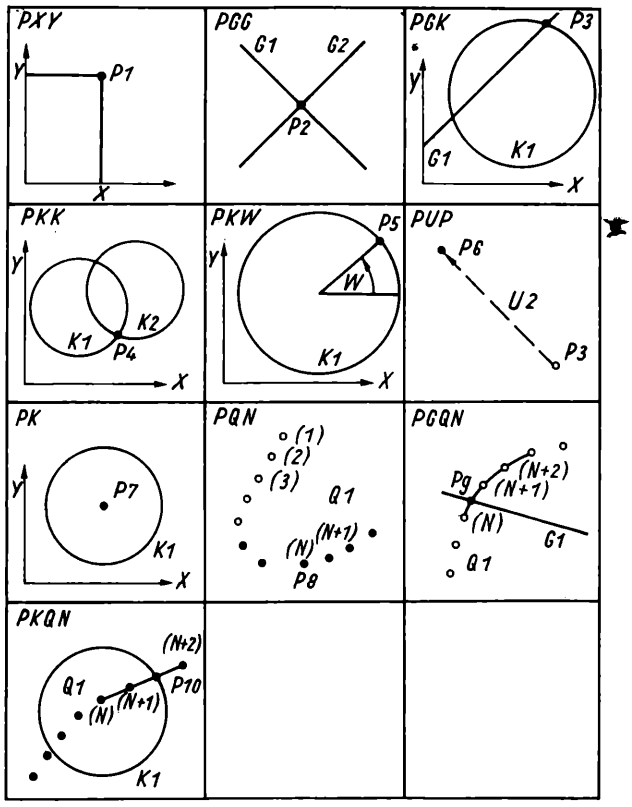


Bild 2. Punktdefinition (das definierte Element ist dick gezeichnet)

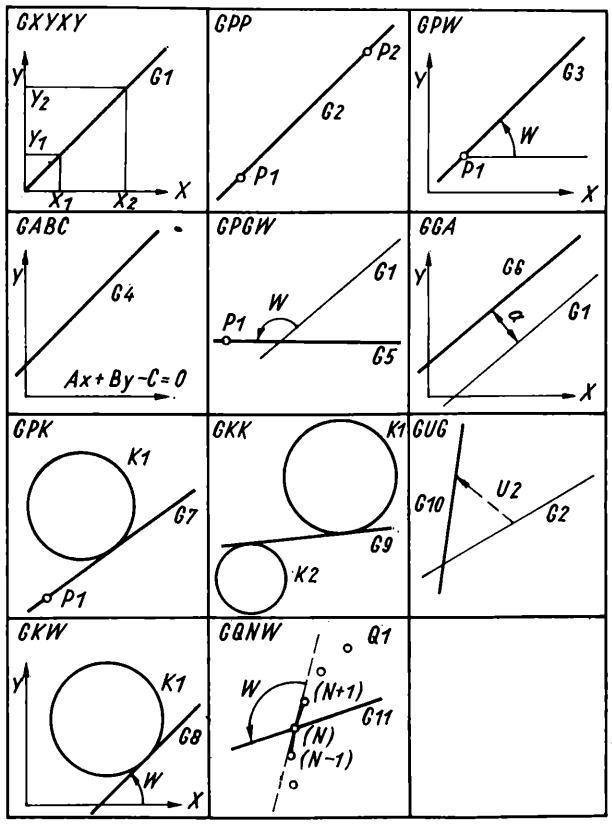


Bild 3. Geradendefinition (das definierte Element ist dick gezeichnet)

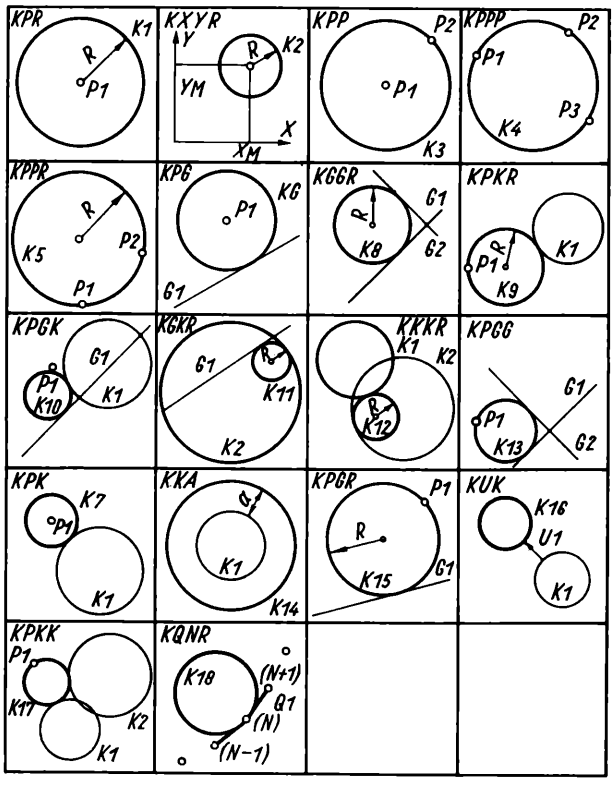


Bild 4. Kreisdefinition (das definierte Element ist dick gezeichnet)

- der Arbeitswerte (Spindeldrehzahl, Vorschub)
- der Werkzeuge
- der Bearbeitungsreihenfolge und
- der Zeitkalkulation.

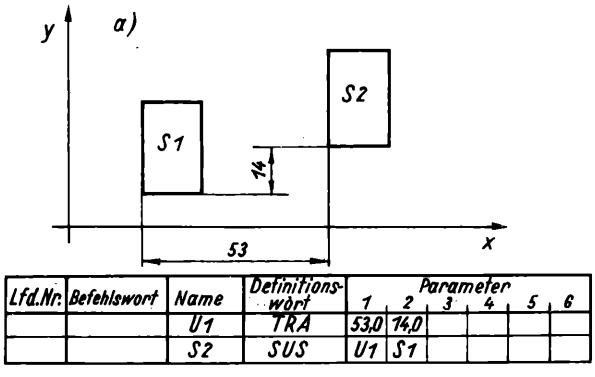
Bezüglich der Einbeziehung der technologischen Einflußgrößen ist die Entwicklung noch voll im Fluß. Das Bestreben geht zuerst dahin, die Bearbeitungsreihenfolge und die Werkzeugauswahl von der EDVA ausführen zu lassen. Systeme dieser Art sind schon so aufwendig, daß sie in mehreren Ausbaustufen in Betrieb genommen werden müssen. Die erste Ausbaustufe entspricht dabei dem herkömmlichen Stand, der in der direkten Vorgabe der technologischen Anweisungen durch den Werkstückprogrammierer besteht.
Diese niedrige Ausbaustufe muß jedoch auch bei einem voll entwickelten System vorhanden sein, um dem Werkstückprogrammierer gegebenenfalls eine direkte Beeinflussung des technologischen Ablaufes zu gestatten. In Abhängigkeit von den praktischen Erfordernissen sind im SYMAP-System für die einzelnen Sprachteile unterschiedliche Ausbaustufen realisiert.

3. Ökonomische Vorteile der maschinellen Programmierung

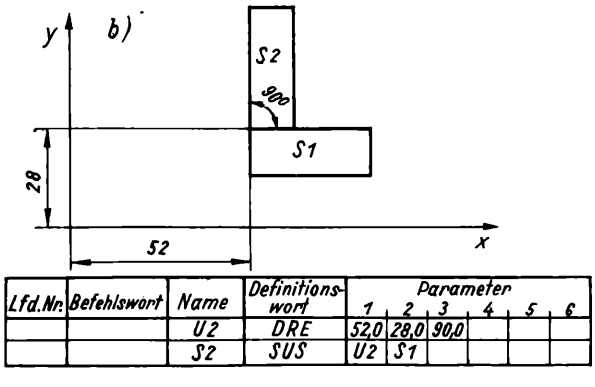
Außer allgemeinen Vorteilen der Anwendung von problemorientierten Sprachen in der Fertigungstechnik, die sich in

- einer Verringerung der Fehlerhäufigkeit
- Vereinfachung der Durchführung von Programmänderungen
- Erleichterung der Programmierarbeit

zeigen, sind die unmittelbaren Zeit- und Kosteneinsparungen entscheidende Faktoren.
Die erzielbaren Zeit- und Kosteneinsparungen sind um so größer, je komplizierter die Werkstückform und je umfangreicher die erforderliche manuelle Programmierung sind. Nach den bisherigen Erfahrungswerten kann in Abhängigkeit der genannten Einflußfaktoren mit Zeiteinsparungen von 30 bis 90% gerechnet werden.

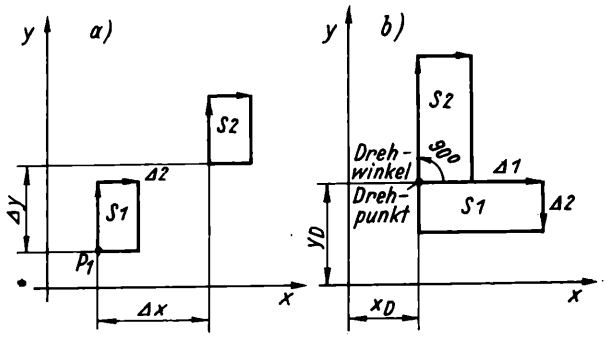


Lfd.Nr.	Befehlswort	Name	Definitionswort	Parameter 1	2	3	4	5	6
		U1	TRA	53,0	14,0				
		S2	SUS	U1	S1				



Lfd.Nr.	Befehlswort	Name	Definitionswort	Parameter 1	2	3	4	5	6
		U2	DRE	52,0	28,0	90,0			
		S2	SUS	U2	S1				

Bild 5. Umformungen
a) Translation, b) Drehung



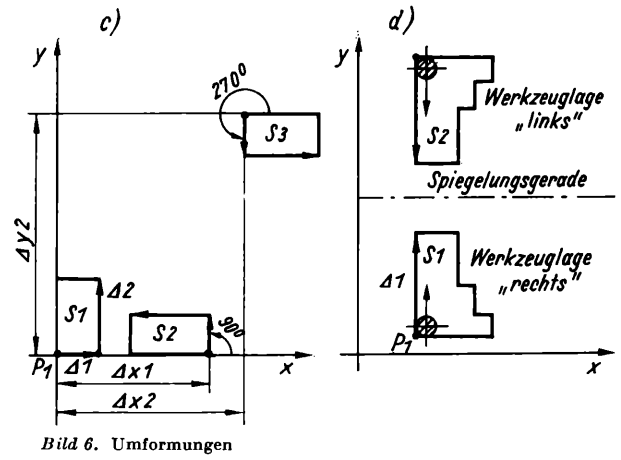


Bild 6. Umformungen
a) TRA, b) DRE, c) UPROD aus DRE und TRA, d) SPGL

B. P. Th. VELTMAN

Messungen und moderne Technologie von elektronischen Geräten bei Kleinserienfertigung

IA 5.6.2

Einleitung[1])

In [1] wurde vom Verfasser die erhöhte Notwendigkeit für elektronische Spezialgeräte, die mit Meßinstrumenten zu benutzen sind, unterstrichen. Sowohl Adaptoren oder Zwischenebenen zwischen Meßfühlern und Universalrechnern als auch Spezialrechner zur Datenverdichtung mußten entworfen werden. Dies wurde durch eine Vielfalt von Beispielen aus dem Gebiet der angewandten Physik illustriert.

Die vorliegende Arbeit beschreibt einige Gesichtspunkte dieser Entwicklung, im besonderen die Realisierung und weitere Tendenz eines automatisierten Entwurfsverfahrens für Kleinserien von Geräteteilen.

Bisher wurde kaum der Unterschied zwischen der Produktion großer Serien und der einzelner Baueinheiten elektronischer Geräte erwähnt. Eine elektronische Einrichtung bestand immer in einer Montage einer großen Vielfalt von Bauelementen hoher Qualität. Da das elektrische Verhalten sowohl von den geometrischen Eigenschaften als auch von den Festkörpereigenschaften abhängt, mußten besondere Formen und Körper aus empfindlichen Werkstoffen miteinander verbunden werden. Die Hindernisse für eine vollautomatische Produktion waren in vielen Fällen dem Mangel an standardisierten Abmessungen der Bauelemente zuzuschreiben. Dies führte zu komplizierten Zwischenverdrahtungen und Abgleichverfahren, die sich schwer mechanisieren ließen.

Die Ein-Mann/ein-Geräte-Produktion konnte kaum durch eine Fließproduktion effektiver gestaltet werden. In beiden — sowohl der Groß- als auch der Kleinserienproduktion — wurden die gleichen Bauelemente und Meßgeräte benutzt. Die Investitionen für Montageausrüstungen waren verhältnismäßig klein.

Mehr oder weniger standardisierte Einrichtungen, z.B. Funkanlagen, waren nur in großen Serien wettbewerbsfähig.

Die moderne Elektronik hat dieses Bild drastisch geändert. Die Technik integrierter Schaltungen hat die Bauelemente in ihrem Aussehen einheitlicher gemacht. Ihre Funktionseigenschaften sind inzwischen gewaltig erhöht worden. Der Einfluß einer weit anwendbaren digitalen Elektronik hat diese Entwicklung beschleunigt. Als ein Ergebnis ist der Großserienhersteller zu günstigeren Umständen für eine erhöhte Automatisierung der Montage- und Prüfarbeiten gelangt. Er kann Investitionen in Ausrüstungen zur Handhabung genormter Bauelemente, für Dünn- und Dickfilmverbindungsmuster und sogar für die Konstruktion neuer Funktionseinheiten in monolither Form vornehmen. Die traditionelle Trennung von Bauelementeproduktion und Gerätemontage ist im Verschwinden begriffen.

Für den Hersteller von Einzelgeräten kommen diese neuen Technologien nicht in Frage. Er wird jedoch mit einer steigenden Forderung nach speziellen elektronischen Systemen konfrontiert. Das Aufkommen des Digitalrechners verlangt Kopplungsebenen und Verbindungsausrüstungen zu den Meßgeräten. In vielen Forschungseinrichtungen und in den Produktionsbetrieben gab es immer bescheidene elektronische Abteilungen — ursprünglich nur für die Reparatur und den Service —, die heute aufgefordert sind, spezielle Geräte zu entwickeln.

Vorbereitungen für die Anordnung und Herstellung gedruckter Schaltungen werden jedoch als zeitraubend betrachtet. Dies führte bei einigen, vornehmlich digitalen Anwendungen zum Einsatz von in Großserien produzierten Kleinrechnern. Anstelle einer gerätemäßigen Verdrahtung liefert der Entwurfsingenieur ein Rechnerprogramm, um die gewünschten Eigenschaften eines Systems zu erhalten. Diese Lösung ist nicht in allen Fällen befriedigend und sollte gewiß nicht als endgültiger Ausblick in der Konstruktion elektronischer Einzelgeräte betrachtet werden; denn

1. ist das Programmieren kostspielig und zeitraubend, wenn der Rechner mehrere Aufgaben gleichzeitig auszuführen hat
2. ist die Schaltungstechnik in einem Rechner häufig dem Typ des Problems nicht angepaßt (z. B. für das Zählen in stochastischen Intervallen oder für die Erzeugung von Rauschen).

Es lohnt sich, die zulässigen Investitionen für die Automatisierung der Einzelgeräteproduktion im Vergleich zu dem Kosten- und Zeitaufwand für eine entsprechende Programmierung zu betrachten. Die vorliegende Arbeit widmet besondere Aufmerksamkeit dem Verdrahtungsproblem in der Geräteproduktion. Die Herstellung monolither Schaltungen (umfassende Integration) ist für die Einzelgeräteproduktion in der Tat zu aufwendig und kompliziert. Darüber hinaus existiert ein ausgedehntes Angebot an kommerziell verfügbaren integrierten Bauelementen mit ausreichend vielfältigen Funktionseigenschaften.

Innerhalb dieser Automatisierung haben die Messungen eine dreifache Aufgabe:

1. Der Entwurf und die Montage verlangen Messungen.

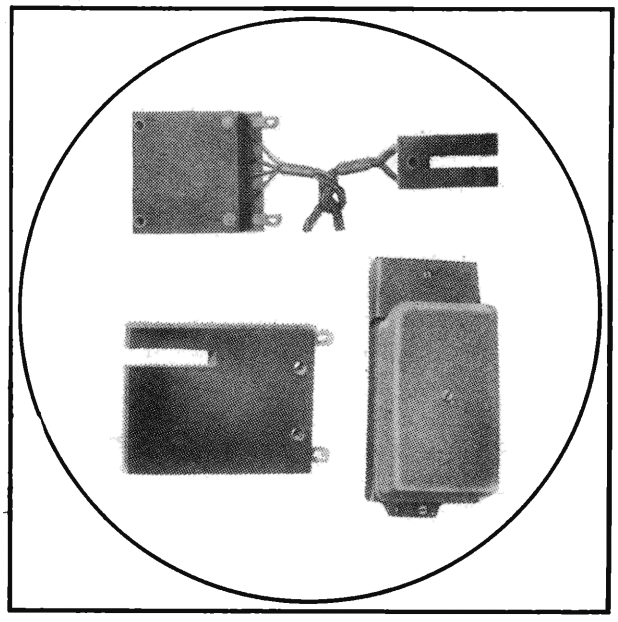
[1]) Nach einem Vortrag, der auf dem 5. Wissenschaftlichen Kongreß der KDT — der am 26. und 27. Februar 1970 in Leipzig stattfand — gehalten wurde.
Mitteilung aus Delft Technological University, Cooperation Centre for Measurement and Control.

(Schluß von Seite 419)

Unabhängig von diesen noch nicht exakt quantifizierbaren Vorteilen wird die Anwendung von Programmsprachen in Verbindung mit den steigenden rechentechnischen Möglichkeiten für die optimale Gestaltung der diskontinuierlichen Fertigungsprozesse in der metallverarbeitenden Industrie eine außerordentlich große Bedeutung erlangen.

msr 3511

Anschrift des Verfassers:
D. Kochan, Dr.-Ing., VEB Carl Zeiss Jena, 69 Jena, Carl-Zeiss-Str. 1.



INITIATOREN

berührungs- und kontaktlose Schalter

Die fortschreitende Automatisierung erfordert eine ständig wachsende Anzahl von Bausteinen zur Funktionsüberwachung. Insbesondere werden in vielen Fällen Datenerfassungsglieder

- **zur Stellungsmeldung eines Maschinenteiles**
- **als Endlagenschalter**
- **zur Signalisierung eines Weg- oder Winkelgrenzwertes**
- **als Zeigerabgriffseinrichtung an Meßinstrumenten und Reglern**
- **oder zur Ansteuerung von Zählern**

benötigt.

Im Meßgerätewerk Beierfeld wurde für die Realisierung dieser Anwendungsfälle ein Programm berührungslos und kontaktlos arbeitender Initiatoren, Schwellwertschalter und Schaltverstärker in verschiedenen Varianten entwickelt.

Wir bieten Ihnen:

Induktive Schlitzinitiatoren mit Schlitzbreite 3 mm
Schwellwertschalter (Hilfsenergie 12 V —) und
Schaltverstärker (Hilfsenergie 220 V ~) mit binärem Ausgangssignal
O/L
Signal zur Ansteuerung eines Kleinrelais

Wir bereiten die Produktionsaufnahme vor für:

- induktiven Schlitzinitiator mit Schlitzbreite 10 mm
- induktiven Näherungsinitiator mit Schaltabstand 10 mm und 20 mm
- induktiven Ringinitiator mit Durchmesser 20 mm

Die Weiterentwicklung des Schwellwertschalters mit Negationsstufe, mit Zeitglied — ermöglicht eine Umkehrung und/oder zeitliche Begrenzung des Ausgangssignales.

Bausteine des Initiatorenprogrammes besitzen hohen Gebrauchswert, da sie berührungslos arbeiten.

Sie eignen sich besonders für Einsatzfälle mit hohen Anforderungen an die

Lebensdauer
Korrosionsbeständigkeit
Verschleißfreiheit
Wartungsfreiheit und
Schaltsicherheit

Anwendungstechnische Beratung ist ein besonderes Anliegen unseres Werkes.

Die Lösung spezieller meßtechnischer Probleme, die Empfehlung und Auswahl der optimalen Datenerfassungs- und -verarbeitungsglieder stehen im Mittelpunkt unserer Arbeit.

Wenden Sie sich an unsere Abteilung „Anwendungstechnische Beratung"

VEB Kombinat Meß- u. Regelungstechnik Dessau

Meßgerätewerk Beierfeld

9433 Beierfeld, Clara-Zetkin-Straße 7, Ruf 4131

automatisierungs-praxis

für Grundlagen, Gerätebau und Betriebserfahrungen der BMSR-Technik

Inhaltsverzeichnis

November 1970

(auf dem vor Seite 401 angeordnetem Schmalblatt befinden sich Inhaltsangaben der mit einem ● versehenen Aufsätze)

Exponate der dritten Angebotsmesse des Industriebereiches Elektrotechnik/Elektronik 202

ap-Lexikon 205

TI-GRW—Aufsatzschau 206

Aufsätze

Aufbau eines ganzheitlichen Entscheidungs- und Informationssystems, untersucht am Teilsystem Instandhaltung ● 207
Von *L. Pätz*, Nordhausen *i*-Artikel

Einsatz einer EDV-Anlage für die Fahrzeugkarosseriemessung 209
Von *Y. Ikeno*, Yokosuka/Japan

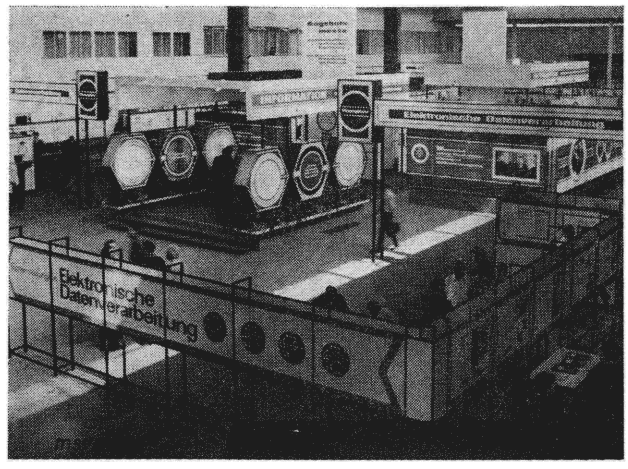
Pneumatische Meßeinrichtung zur Wegmessung an einer Drehmaschine mit Folgesteuerung ● 212
Von *A. U. Stuart*, Glasgow/Schottland

Ersatz des Fliehkraftreglers durch einen kontaktlosen Regler bei Antrieben mit Universalmotoren ● 214
Von *W. Lippmann* und *M. Bender*, Karl-Marx-Stadt

Gebrauchsdiagramm zur Bestimmung des k_v-Wertes beim Durchströmen von Gas durch Armaturen 217
Von *F. Ullmann*, Magdeburg

Der Teil „automatisierungspraxis" dient der Qualifizierung der technischen Kader, den allseitigen Betriebserfahrungen mit installierten BMSR-Anlagen sowie den spezifischen Querschnittsfragen der Fachgebiete Meßtechnik, Prozeßüberwachung und automatische Steuerungstechnik. Hier werden in erster Linie Antworten auf die wesentlichen Fragen der Grundlagen der BMSR-Technik, des Gerätebaus und der Praxis der Automatisierungstechnik gegeben. Einen angemessenen Umfang räumt die „automatisierungspraxis" der Vorstellung neuentwickelter und produzierter Geräte aus der Industrie ein, die dem Anwender Hinweise für Wartung und Instandhaltung von Geräten und kompletten Einrichtungen geben, mit dem Ziel, Meß- und Regelungsmechaniker heranzubilden, die den Reparaturdienst selbst ausführen können. Speziell bei der Publizierung von Betriebserfahrungen kommerzieller Geräte soll hier eine breite Diskussionsebene für einen praktisch-technischen Meinungsstreit geschaffen werden.

Exponate der dritten Angebotsmesse des Industriebereiches Elektrotechnik/Elektronik (Teil I)



Vom 16. bis 23. Juni 1970 fand auf dem Gelände der Technischen Messe (Bild: Blick in die Messehalle) in Leipzig die dritte Angebotsmesse wissenschaftlich-technischer Ergebnisse des Industriebereiches Elektrotechnik/Elektronik statt, über die wir im H. 8 bereits berichtet haben.

Neben der Ausstellung wurde ein unter [1]) aufgeführtes Vortragsprogramm durchgeführt.

Temperaturmeßvorsatz für Motorkompensator ekN/T 12

Das Gerät mit Thermomeßfühlern dient in Verbindung mit dem Motorkompensator Typ ekN/T 12 (Hersteller: VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg) der Anzeige und Aufzeichnung des zeitlichen funktionellen Verlaufes der Temperatur an 12 Meßstellen. Auf diese Weise wird es möglich, daß über längere Zeit die Temperaturen bzw. Temperaturänderungen in Abhängigkeit kritischer Einflußgrößen auf das Meßobjekt (z. B. der Umgebungstemperatur, der Spannungen, bei konstruktiven Änderungen des Geräteaufbaues usw.) automatisch erfaßt werden.

Einsparungen

Durch den Einsatz der Temperaturmeßeinrichtung in der Entwicklung und in der TKO (Muster -und Typkontrolle) wird es möglich, daß

a) durch Einsparung der Arbeitszeit für die ursprünglich erforderliche manuelle Messung und

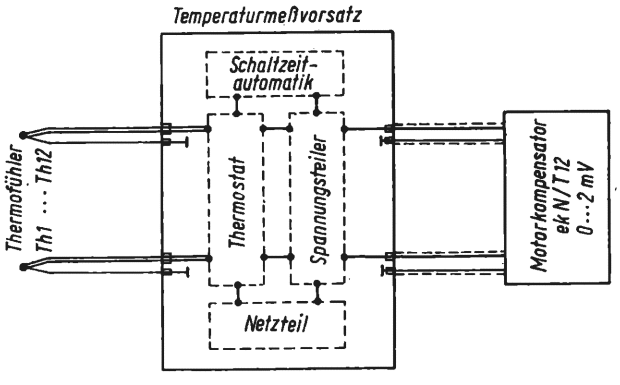


Bild 1. Schaltanordnung der Temperaturmeßeinrichtung

b) durch das Erkennen thermischer Kriterien — das bedeutet Einflußnahme auf die Verbesserung der Zuverlässigkeit und somit Gebrauchswerterhöhung sowie Verringerung der Garantiekosten —

ein jährlicher Nutzen von 12 TM für den Ursprungsbetrieb eintritt.

Aufbau

Die Temperaturmeßeinrichtung besteht aus einem Temperaturmeßvorsatz, 12 Thermofühlern (Cu., Konstanten), 12 Verbindungsleitungen, je einem Anschlußkasten und Motorkompensator ekN/T 12 (0...2 mV).

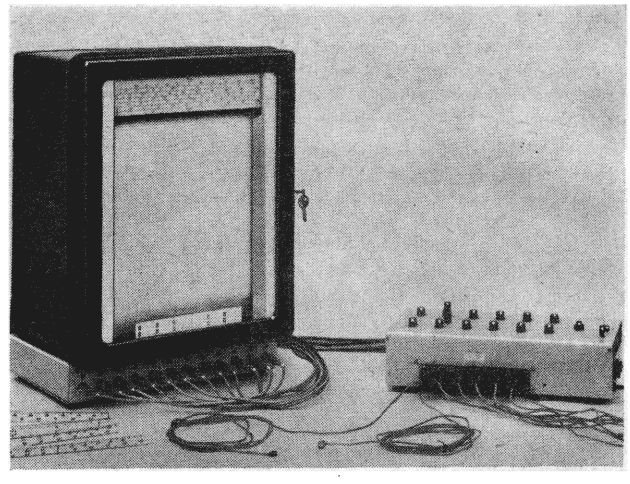


Bild 2. Temperaturmeßvorsatz für Motorkompensator ekN/T 12

[1]) **Vorträge**

16. Juni 1970: Komplexmodell der Führungs- und Leitungstätigkeit im Kombinat, *P. Neugebauer*, Lengefeld; Modell der Planung, Organisation, Führung und Auswertung des sozialistischen Wettbewerbs im Kombinat, *P. Neugebauer*, Lengefeld; Die Anwendung der Operationsforschung im Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf, *H. Haase*, Weimar; Modell zur Verflechtung der innerbetrieblichen arbeitsteiligen Beziehungen, *P. Neugebauer*, Lengefeld; Modell zur Anwendung des Systems der fehlerfreien Arbeit im Kombinat, *P. Neugebauer*, Lengefeld.

17. Juni 1970: Modell zur Leitung und Realisierung komplexer Automatisierungsvorhaben und komplexes System zur Lösung wissenschaftlich-technischer Aufgaben, *H. Stein*, Karl-Marx-Stadt; Das System der Stücklistenauflösung als Grundlage eines integrierten Datenverarbeitungssystems, *H. Elbel*, Berlin; Automatisierung der Planung und Abrechnung der komplexen Grundfondsreproduktion, *H. Kronberg*, Berlin; Anwendung des Bauteilkataloges für die Einführung der EDV im Bereich BMSR-Anlagenprojektierung, *H. Schmidt*, Teltow; BMSR-Anlagenkatalog — Funktionsgruppen, *H. Liesand*, Teltow.

18. Juni 1970: Kurzfristige Produktionsplanung und Disposition mit Reihenfolgemodellen, *P. Knopp*, Berlin; Ziel, Funktion und Anwendungsmöglichkeit des Griffgruppen-Zeitnormativ-Katalogs, *H. Prettin*, Berlin; Universalbaukörper (Anbauzelle EDVA), *H. Mattes*, Leipzig; Richtlinie zur Anwendung der Netzplantechnik für Aufgabenkomplexe des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, *H. Zindler*, Berlin; Flurfördersystem, *G. Dargel*, Erfurt; Anwendungsmöglichkeiten des Projektierungsprogrammes für das Transport- und Lagerwesen in der Industrie, *G. Fahrentholz*, Berlin; Aufbau und Wirkung des Container-Transportsystems im VEB TuR, *H. Weickert*, Dresden; Ziel, Funktion und Anwendungsmöglichkeit des Griffgruppen-Zeitnormativ-Katalogs, *K. Guckel*.

19. Juni 1970: Automatisierte Kennwertermittlung, *W. Behrendt*, Teltow; Umform- und Schneidewerkzeuge in Flachbauweise, *H. Schilder*, Karl-Marx-Stadt; Feinschneiden auf Exzenterpressen, *H. Schilder*, Karl-Marx-Stadt; Probleme der Nachnutzung wissenschaftlich-technischer Ergebnisse, *H. Schröder*, Berlin; Beiz- und Entfettungsverfahren, *H. Gesse*, Berlin; Probleme des Sheradisierens, *H. Steinhäuser*, Berlin; Formgebungsverfahren zur Herstellung komplizierter dünnwandiger Keramikteile, *H. Vogt*, Berlin; Verfahren und Einrichtungen zum Herstellen von Bauteilen aus PMMA im Prägeverfahren, *E. Lange*, Dessau.

22. Juni 1970: Prüfgerät zum Prüfen von Steckkarten mit digitalen Funktionen für Service, *H. Franke*, Berlin; Geräuschmeßplatz, *H. Thierfelder*, Karl-Marx-Stadt; Numerisch gesteuerte Verdrahtungsprüfanlage, *S. Gebhardt*, Berlin; Geräuschwächter, *W. Rösch*, Karl-Marx-Stadt; Möglichkeiten des Einsatzes programmierten Lernens in der Industrie, *H. Lorbeer*, Berlin.

Anschrift des Informationsdienstes, 3. Angebotsmesse: 701 Leipzig, Technische Messe, Halle 4, Tel.: 81 027.

Wirkungsweise

Die im Meßfühler und in der Vergleichsstelle im Thermostaten (60 °C const) entstehenden Thermospannungen werden mittels einer aus dem elektronisch geregelten Netzteil entnommenen Gegenspannung bei 0 °C auf 0; 0,5 oder 1 mV kompensiert. Die Thermospannungen im Temperaturbereich $\Delta t = 100$ °C oder 200 °C werden mittels Spannungsteiler auf 0 bis 2 mV herabgesetzt. Auf diese Weise werden die in den technischen Daten aufgeführten 6 Meßbereiche möglich.
Um die bei den verschiedenen Arbeitstemperaturen (+5 bis +40 °C) aus den Thermostaten über die Anschlußdrähte der Thermoelemente unterschiedlichen abfließenden Wärmemenge möglichst gering zu halten, ist eine Zusatzheizung angebracht, die von einer Schaltzeitautomatik so gesteuert wird, daß die Temperaturveränderung im Thermostaten sehr gering ist.

Technische Daten

Meßkanäle:	12
Meßbereiche/Meßkanal:	6 Meßbereiche/Meßkanal, getrennt einstellbar
Temperaturmeßbereiche:	0...+100 °C, −25...+75 °C, −50...+50 °C, 0...+200 °C, −50...+150 °C, −100...+100 °C,
Meßgenauigkeit:	≤ 5%
Netzanschluß:	220 V; 50 Hz
Zulässige Umgebungstemperatur des Meßvorsatzes:	+5...+40 °C

Die Temperaturmeßeinrichtung entspricht den Forderungen der ASAO 3/1 (Schutzgüteforderungen).
Ursprungsbetrieb: VEB Studiotechnik Berlin, DDR-102 Berlin, Rungestr. 25–27

msr 3554

Luftfeuchtigkeitsregler

Der Luftfeuchtigkeitsregler dient in Verbindung mit entsprechenden Lüftungs- bzw. Heizungseinrichtungen zum selbsttätigen Trockenhalten von Lagerräumen o. ä. bzw. zur selbsttätigen Erhaltung eines erforderlichen bestimmten Feuchtigkeitsgehaltes.
Im Bedarfsfall ist mit dem Gerät eine Fernanzeige des Maximum- bzw. Minimumwertes möglich.
Je nach Bedarf kann der einzuhaltende Prozentsatz der relativen Feuchte am Skalenrand durch Verstellen der Reiter eingestellt werden. Die Regelung arbeitet als Maximum/Minimum-Regelung. Entsprechend der Skalenteilung ist eine minimale Differenz von 5 bis 10% relative Feuchte einstellbar.
Die Einrichtung besteht aus dem Geberteil, dem elektronischen Verstärker und dem Starkstromteil.

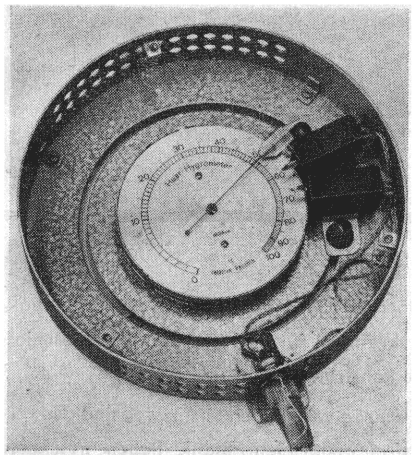


Bild 1

Bild 2

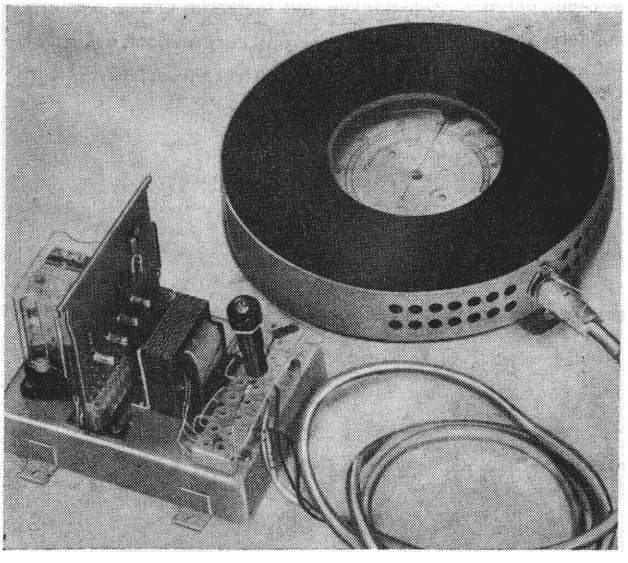


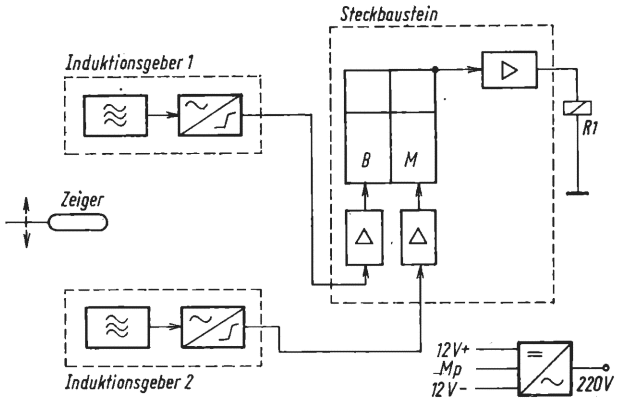
Bild 3

Geberteil (Bild 1)

Das Gerät besteht aus einem handelsüblichen Haar-Hygrometer. Sein Aufbau wurde so geändert, daß der mit einer Metallfahne verlängerte Zeiger durch zwei auf dem gesamten Umfang verschiebbare Induktivgeber pendeln kann. Der gesamte Geberteil ist in einem gemeinsamen Gehäuse mit durchsichtiger Abdeckung untergebracht.

Elektronischer Verstärker (Bild 2)

Er befindet sich mit dem Starkstromteil in einem separaten Gehäuse. Der elektronische Teil ist auf einer Steckplatte mit gedruckter Schaltung montiert. Netztransformator, Buchsenplatte sowie Ausgangsrelais sind auf einem Chassis aufgebaut. Die beliebig langen Verbindungsleitungen zwischen Geber



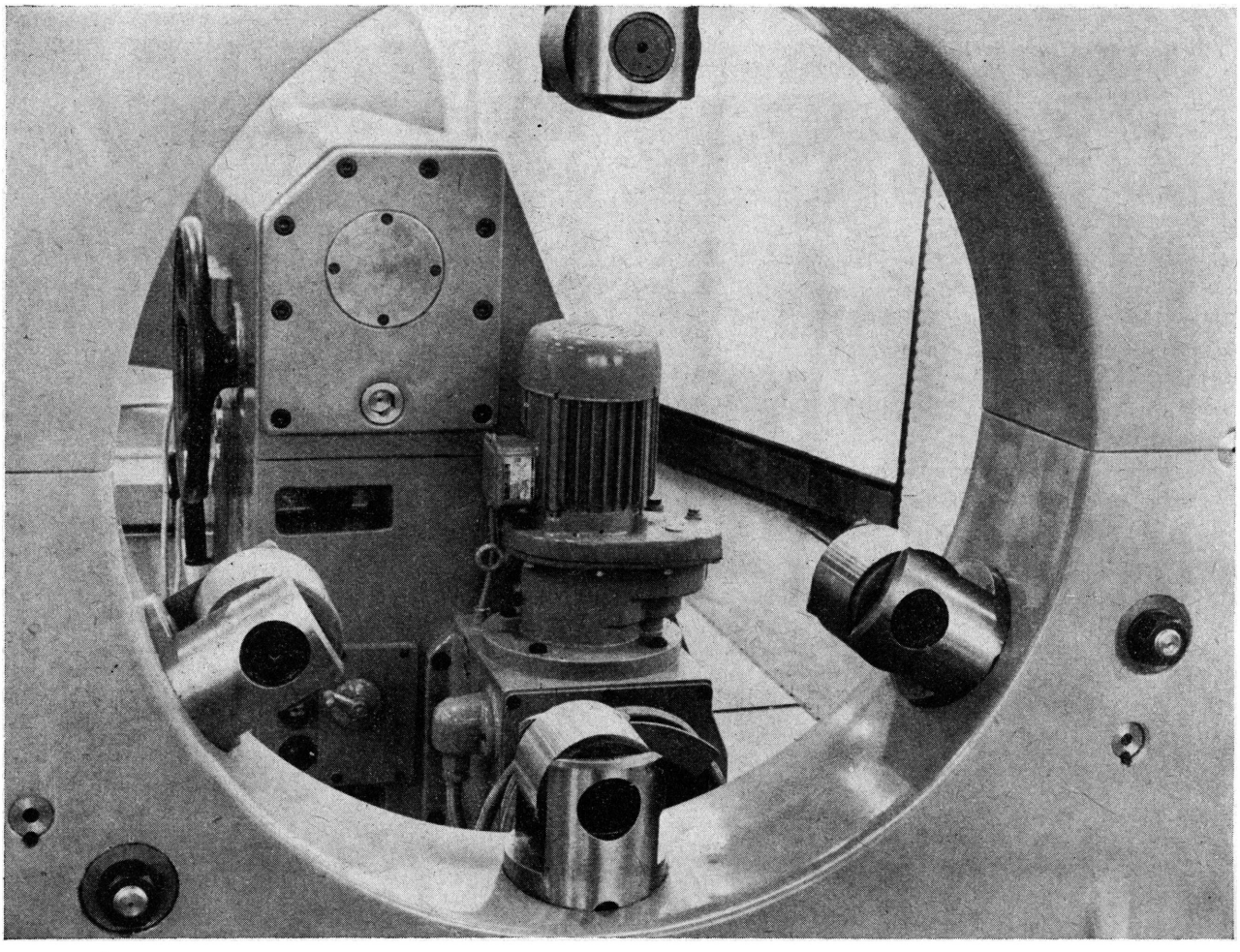
und Verstärker können über einen mehrpoligen Stecker am Geberteil angesteckt werden.

Starkstromteil

Es richtet sich in seiner Auslegung nach den verwendeten Lüftungs- bzw. Heizungseinrichtungen. Das Ausgangsrelais mit Kontakten für 220 V⎓ und einer Schaltleistung von max. 50 W (*C*- und *L*-frei) bei max. 2 A Schaltstrom arbeitet auf ein Schütz für 16 A.

Die Wirkungsweise (Bild 3) ist folgende:
Die im Raum vorhandenen Werte der relativen Feuchte werden mit einem Haar-Hygrometer erfaßt.
Durch das Einführen der Metallfahne am Zeiger des Hygrometers in die Aussparung des Induktivgebers für Maximum wird der abgestimmte Schaltkreis so verändert, daß die nachgeschalteten Transistoren das Ausgangsrelais und damit das Schütz einschalten. Mit dem Abnehmen der relativen Feuchte (durch Lüftung oder Heizung) wird auch der Zeiger im gegenläufigen Sinn durch den Maximumgeber laufen. Dabei wird jedoch kein weiterer Schaltimpuls ausgelöst. Erst wenn der Zeiger durch den Minimumgeber läuft, wird die Ansteuerung des Ausgangsrelais aufgehoben, und das Relais fällt ab.
Ursprungsbetrieb: VEB Kombinat Elektromaschinenbau, 8017 Dresden, Hennigsdorfer Str. 25.

msr 3555



Für niedrige Drehzahlen —

für den Bereich also, der mit normalen Motoren wirtschaftlich kaum erreicht werden kann, bietet sich als einfacher und bewährter Weg der Getriebemotor an. Auf jahrzehntelanger Erfahrung aufbauend, haben wir eine Reihe von VEM-Getriebemotoren entwickelt, deren Anbaumaße und Leistungsstufung jetzt international genormt sind.

Sie umfaßt den Leistungsbereich von 0,12 bis 7,5 kW mit 15 Drehzahlstufen zwischen 16 und 400 U/min, wie sie in der modernen Antriebstechnik verlangt werden.

Motor und Getriebe bilden in einem kompakten, kräftigen Graugußgehäuse eine geschlossene konstruktive Einheit.

Die schräg verzahnten Stirnräder sind aus verzugsfrei gehärtetem Stahl, haben geschabte Zahnflanken und laufen im Ölbad. Das ergibt den ruhigen, geräuscharmen Lauf, auf den man heute in der Antriebstechnik soviel Wert legt.

Bitte fordern Sie schriftlich Informationsmaterial von
VEM-INFORMATION, Abt. 29/40
8021 Dresden.

VEM

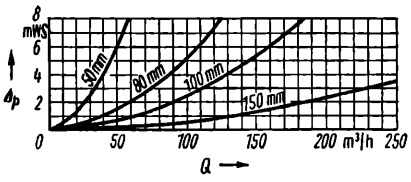
VEM-ELEKTROMASCHINENWERKE

ap-Lexikon

Betriebsmeßtechnik (9)

Druckverlust — pressure drop — падение давления

Bei der Strömung von Flüssigkeiten und Gasen durch Rohrleitungen entsteht in jedem Teilabschnitt des Strömungskreises ein D., der dem Strömungswiderstand proportional ist. Meßeinrichtungen, die im Strömungskreis liegen, müssen daher so konstruiert sein, daß an ihnen ein möglichst geringer Druck abfällt. Das trifft besonders für ↑ Volumenzähler zu, die die Energie zum Antrieb der Meßwerke und Kolben dem Meßmedium entnehmen. Der zulässige Druckverlust von Volumenzählern begrenzt deren obere Belastungsgrenze. Beispiel: Druckverlust von Flügelradwasserzählern als Funktion der ↑ Belastung und der Nennweite (s. Bild).



Durchflußmenge — flow value — расход

Wegen des nicht eindeutigen begrifflichen Inhalts nicht mehr zu verwendende Bezeichnung für den ↑ Massenstrom und den Volumenstrom.

Düse — flow nozzle — сопло

Meßfühler für die Messung des ↑ Volumenstroms nach dem ↑ Wirkdruckverfahren. D. werden hauptsächlich für schmutzabsetzende Medien und für Medien mit schwankender Viskosität eingesetzt. Gegenüber ↑ Blenden sind Fertigung und Montage der D. aufwendiger [TGL 0–1952] [–].

Dynamische Kennwerte — dynamic characteristics — динамические коэффициенты

Kennwerte, die den dynamischen Kennlinien (Übergangsfunktion, Stoßantwort, Gewichtsfunktion, Frequenzgang u. a.) entnommen sind und die das dynamische Verhalten eines Gliedes einer BMSR-Einrichtung charakterisieren. Zu den D. gehören: ↑ Totzeit, ↑ Verzugszeit, ↑ Zeitkonstante, ↑ Ausgleichszeit, Wurzelorte.

E

Effektivwert — root-mean-square value — эффективное значение

Der E. (quadratischer ↓ Mittelwert) einer Zeitfunktion $f(t)$ innerhalb des Intervalls T wird ausgedrückt durch

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f^2(t)\,\mathrm{d}t}\,.$$

Der E. wird u. a. für die Berechnung der elektrischen Leistung von Wechselströmen und -spannungen verwendet. Im speziellen Fall eines sinusförmigen Wechselstroms $i = I_m \cos \omega t$ ergibt sich

$$\bar{i} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{0}^{T} I_m^2 \cos^2 \omega t\,\mathrm{d}t}\,, \qquad \bar{i} = \frac{I_m}{2}.$$

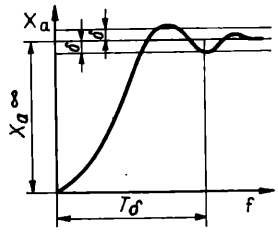
Bei statistischen nichtsinusförmigen Vorgängen muß der E. mit speziellen Meßgeräten bestimmt werden [–].

Eichung — calibration, gauging — градуировка

Prüfung der technischen Eigenschaften von Meßgeräten und Meßeinrichtungen und Beurkundung des Prüfergebnisses durch staatliche Ämter (DAMW; PTB) oder von speziellen von diesen Ämtern zur Eichung ermächtigten Prüfstellen. Es ist nicht zulässig, das bei Betriebs- und Labormeßgeräten übliche Justieren des Nullpunkts, des maximalen oder eines anderen Ausgangssignals als E. zu bezeichnen. ↑ Kalibrieren [–].

Eigenfrequenz — natural/inherent frequency — собственная частота

Frequenz $f = 1/T$ (s. Bild) des Überschwingens der Übergangsfunktion $h(t)$ eines unterkritisch gedämpften Systems zweiter Ordnung (z. B. *RLC*-Netzwerk oder Feder-Masse-System). Die E. nähert sich mit kleiner werdender ↑ Dämpfung der ↑ Resonanzfrequenz des Systems. *Gille, Pelegrin, Decaulne*: Lehrgang der Regelungstechnik, Bd. 1. Berlin und München 1960.



Eigensicherheit — intrinsically safety — искробезопасное исполнение

↑ Schutzart, bei der durch die Wahl der Betriebsströme und -spannungen sowie der Induktivitäten und Kapazitäten eines elektrischen Netzwerks verhindert wird, daß bei gewollten und ungewollten Strompfadunterbrechungen sowie bei Kurzschlüssen in der Umgebung befindliche höchstexplosible Gas-Luft- oder Gas-Dampf-Gemische gezündet werden können. Die zulässigen Maximalwerte von Strom und Spannung hängen von den in der Schaltung enthaltenen energiespeichernden Bauelementen (Kondensatoren, Transformatoren und Spulen) ab. Von einer Induktivität wird die Energie $W_L = L\,I^2/2$ gespeichert, die sich bei Unterbrechung des Stromkreises ausgleicht. Die für den Zündfunken maßgebende Spannung ist sowohl von der Induktivität L als auch von der Geschwindigkeit der Stromkreisöffnung abhängig. Kapazitäten verhalten sich dual zu Induktivitäten: Der maximale Zündfunke tritt beim Schließen des kapazitiven Kreises auf. RA 71.

Eingangssignal

↑ Signal.

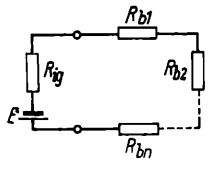
Eingangswiderstand — input resistance — входное сопротивление

Zu einem resultierenden Widerstand zusammengefaßte Widerstandselemente eines als Verbraucher (Belastung, ↑ Bürde) wirkenden Wandlereingangs.

Eingeprägter Strom — applied current — носитель сигнала — ток

Begriff zur Kennzeichnung der Belastungsunabhängigkeit des Signalträgers Strom bei der Übertragung von ↑ Signalen zwischen der Meßeinrichtung und anderen Funktionseinheiten einer Regel- oder Steuereinrichtung sowie zwischen diesen Funktionseinheiten untereinander. Durch zweckentsprechende Auslegung des Signalgebers wird erreicht, daß innerhalb $0 < R_b \leqq R_{b\,max}$ beliebig viele Belastungswiderstände R_{bn} (Bild) in Reihe geschaltet werden können, ohne daß der Fehler des Informationsparameters Strom gegenüber der signalisierten Größe die zulässigen Grenzen überschreitet.

In Regelungssystemen sind z. B. folgende Werte üblich:



Änderungsbereich des Stromsignals	Belastungswiderstand (maximal)
0... 5 mA 0...20 mA	$R_{b\,max} = 2\ \mathrm{k\Omega}$ $R_{b\,max} = 1{,}2\ \mathrm{k\Omega}$

Kurzauszüge von Aufsätzen aus der Werkzeitschrift des Zentralen Anlagenbaus der Betriebsmeß-, Steuerungs- und Regelungstechnik der DDR
(Redaktion: DDR – 153 Teltow, Ruhlsdorfer Str. 23)

Technische
Information GRW

Zur Berechnung von Stahlrohren für den Einsatz als Signalleitungen in BMSR-Anlagen (Meß- und Impulsleitungen)

H. Picht, H. 3/1970, S. 43–47

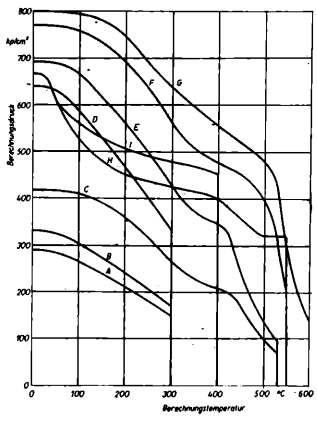
IA 4.1.2

Mit diesem Beitrag erläutert der VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow neue Berechnungsgrundlagen zur Berechnung von Stahlrohren für Signalleitungen in BMSR-Anlagen.
Für Anlagen der BMSR-Technik wurden innerbetrieblich neue Rohrabmessungen festgelegt und die Anwendungsbereiche nach den z. Z. gültigen Vorschriften berechnet. Die in einem Werkstandard dazu veröffentlichten Grenzkurven der Einsatzbereiche für die anzuwendenden Rohrabmessungen (Bild) stellen für den Regelfall eine ausreichende Information für den Projektingenieur dar. Dessen ungeachtet muß er aber Rohre selbst berechnen können, um z. B. kurzfristig über die Einsatzmöglichkeit angebotener Ersatzrohre entscheiden zu können.
Die Rohre sind nach den Werkstoff- und Bauvorschriften für Dampfkessel und Druckgefäße (gültig für Rohre bis 200 mm Außendurchmesser und Durchmesserverhältnisse $d_a/d_i \leq 1{,}7$) zu berechnen:

$$s = \frac{d_a\, p}{200\,\frac{K}{S}\,v + p} + c\,.$$

s Mindestwanddicke [mm], d_a Außendurchmesser [mm] des Rohres (ohne Berücksichtigung der Toleranzen), p maximaler Betriebsdruck [kp/cm²] in der Leitung.
Der Sicherheitsbeiwert beträgt lt. BV 11–1/65 für Rohre aus Stahl mit Abnahmezeugnis 1,5 und ohne Abnahmezeugnis 1,8. Der Festigkeitskennwert K ist in Abhängigkeit von der Temperatur aus den Werkstoff- und Bauvorschriften zu ermitteln: Als zulässige Spannung ist der kleinste von mehreren zu ermittelnden Werten einzusetzen.

Bild. Einsatzbereiche bestimmter Stahlrohre als Signalleitungen in BMSR-Anlagen; Einsatzgrenzen für
A: 12 × 1 St 35 Wz;
B: 32 × 3 St 35 Wz;
C: 32 × 4 St 35 – 5 Abn. B;
D: 12 × 2 St 35 Wz;
E: 12 × 2 St 45 – 5 Abn. 5;
F: 12 × 2 15 Mo 3 Abn. B;
G: 12 × 2 13 CrMo 4.4 Abn. B;
H: Ü 12 × 2 X 8 CrNiTi 18.10;
I: Ü 12 × 2 X 8 CrNiMoTi 18.11



Im weiteren wird noch die Anwendung des Verschwächungsbeiwertes v, der Zuschlag zur Wanddicke c und die nomographische Berechnung der Rohre erläutert.
In dem in diesem Beitrag aufgezeigten Nomogramm zur Berechnung von Stahlrohren für den Einsatz als Meßleitungen in BMSR-Anlagen wird dargelegt, daß diese nur mit Abnahmezeugnissen oder gleichwertigen Attesten einzusetzen sind, so daß hierfür der Sicherheitsbeiwert $S = 1{,}5$ angenommen werden kann. Das in der Veröffentlichung aufgezeichnete Ablesebeispiel zeigt die grundsätzliche Handhabung des Nomogramms.

msr 3574

DRELOBA-Steuerungen in der Dederon-Feinseidenindustrie

K. Richter, H. 3/1970, S. 14 und 15

IA 5.6.4.1

Zur Erhöhung des Automatisierungsgrades in der Industrie sind in zunehmendem Maße Steuerungen mit großer Verknüpfungsdichte erforderlich. Im technologischen Ablauf der Polyamidseidenherstellung wird neben gleichbleibender Qualität ein kontinuierlicher Produktionsablauf gefordert.

Die Prozeßabschnitte „Extraktion" und „Trocknung" arbeiten diskontinuierlich und bilden deshalb eine kritische Stelle im Produktionsablauf.

Der Autor beschreibt die Arbeitsweise der Steuerung mit dem technologischen Ablauf, den Ein- und Ausgangssignalen und der Signalverarbeitung in den Steuerungen.

Der beschriebene technologische Ablauf erfordert in der dargestellten Anlage 45 Stellglieder und 4 Pumpen bzw. elektromotorische Antriebe.
Von der Steuerung müssen 104 Ausgangssignale zum Schalten der Stellglieder ausgegeben werden und, da die Steuerung als Folgesteuerung ausgelegt ist, sind die Rückmeldungen zu verarbeiten. Von jedem Stellglied werden 2 Rückmeldungen verarbeitet, so daß sich daraus 104 Eingangssignale ergeben.
Weiterhin wird der Aufbau der Steuerung und die Montage der Steuerung mit den Montageelementen Steuerstränge, Blockrahmen und Schwenkrahmen beschrieben.

Die Steuerungen sind aus den im VEB Reglerwerk Dresden gefertigten Elementen des DRELOBA-Systems aufgebaut. Dieses System arbeitet mit einer pneumatischen Hilfsenergie $p_H = 1{,}4$ kp/cm².
Durch ein umfangreiches Angebot an peripheren Geräten ist es möglich, auch die erforderlichen Zeitrelais pneumatisch zu betreiben.

In den Steuerungen für eine Produktionsstraße sind etwa 470 DRELOBA-Bausteine, 21 Zeitrelais mit einer Laufzeit bis zu 30 h (gestuft in Sprüngen zu 1 s) sowie 120 E/P-Wandler und 60 P/E-Wandler enthalten.
Die DRELOBA-Steuerungen für die Anlagenteile „Extraktion" und „Trocknung" sind als kombinierte Zeit-Folge-Steuerungen aufgebaut. Das Programm wird durch eine Feststeuerung fixiert.
Die vorgestellten Steuerungen wurden für 6 vollständige Produktionsstraßen (Extraktion und Trocknung) und für eine Reservestraße (Trocknung) aufgebaut.
Neben der automatischen Steuerung der beschriebenen Prozesse ist außerdem die Handsteuerung jedes Stellgliedes von der Warte aus möglich. Das Automatik-Programm kann nach Bedarf auch als Teilautomatik in einzelnen Stufen gefahren werden. msr 3573

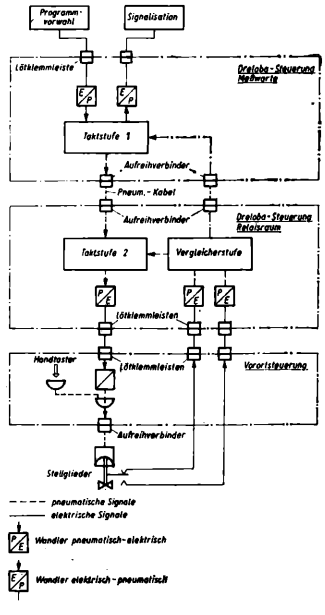


Bild. Signalflußplan der Steuerung

messen · steuern · regeln

Heft 11
November 1970
7. Jahrgang
Seiten 201 bis 220

automatisierungspraxis

für Grundlagen, Gerätebau und Betriebserfahrungen

Redaktionsbeirat: Ing. H. Belitz, Obering. G. F. Berg, Dipl.-Ing. H. Birnstiel, Ing. H. W. Bittner, Dr. rer. nat. A. Borgwardt, Ing. H. Gottschalk, Dipl.-Ing. oec. L. Harmeth, Dipl.-Ing. K. Keller, Ing. oec. K.-H. Nagel, Obering. H. Wiedmer

INFORMATIONSARTIKEL

Dipl.-Ing. L. PÄTZ, Nordhausen

Aufbau eines ganzheitlichen Entscheidungs- und Informationssystems, untersucht am Teilsystem Instandhaltung[1)]

IA 6.7

In einem ganzheitlichen Entscheidungs- und Informationssystem (GEI) werden die Aufgabengebiete eines Organisationssystems zusammengefaßt, die den Bedingungen algorithmierbar, organisatorisch beherrschbar und technisch realisierbar genügen. Dabei soll das Organisationssystem den Gesamtprozeß der Gewinnung, Aufbereitung, Verarbeitung, Speicherung und Übertragung von Informationen einer betrachteten Wirtschaftseinheit umfassen. Es schließt sowohl die automatisierten Prozesse der Informationsverarbeitung (im GEI) als auch die noch nicht formalisierbaren Aufgabengebiete des GEI ein. Beim Aufbau eines derartigen GEI wird zwischen einem betriebswirtschaftlichen und einem datentechnischen Teil differenziert.

Die betrachtete Wirtschaftseinheit kann nach den Stufen des wirtschaftlichen Handelns (Planung, Durchführung und Kontrolle) als Regelkreis aufgefaßt werden. Unter den Bedingungen einer zentralen Datenbank und des gemeinsamen Informationsflusses können alle Vorgänge im GEI automatisch ablaufen. Als Regler fungiert ein System von automatisierten Informationsverarbeitungsanlagen mit hinreichend großer Speicherkapazität. Als Eingabegrößen auf diesem Regler sind die aus der volkswirtschaftlichen Zielstellung für den Industriezweig abgeleiteten Größen und die Anweisungen der definierten Leistungssysteme zu nennen. Aus der Menge der erfaßten Dateien werden alle Stufen des Leistungssystems nach Bedarf und Befugnis mit relevanten Informationen versorgt. Dabei ist umfassend das „Prinzip der Ausnahme" anzuwenden, so daß nur die Soll-Ist-Abweichungen, die über einen definierten Toleranzbereich hinausgehen, weiter vermittelt werden sollen.

Innerhalb der betriebswirtschaftlichen Aspekte des GEI hat man zunächst die Zielsetzung einer Wirtschaftseinheit als Grundlage für die organisatorische Gestaltung zu definieren.

Unter den Bedingungen einer zentralen Planung der Volkswirtschaft liegt eine hierarchische Struktur der Ziele als besonderes Charakteristikum der sozialistischen Produktionsweise vor. Die Zielsetzung einer bestimmten Wirtschaftseinheit ist aus der Stellung im entwickelten gesellschaftlichen System des Sozialismus abzuleiten. Dabei ist zunächst das Formalziel, das z. B.

„Minimierung der Kosten des Finalproduktes"

lauten könnte, zu fixieren. Hieraus wird das Sachziel als konkretes Programm des wirtschaftlichen Handelns abgeleitet. Als Ergebnis erhält man eine mengen- und kostenmäßige Planung zur Produktionserzeugung.

Die Realisierung der Zielsetzung einer Wirtschaftseinheit mit Hilfe der automatisierten Informationsverarbeitung ist nur zu erreichen, wenn das GEI weiter untergliedert wird. Für die Gestaltung ist eine sachliche und zeitliche Gliederung anzustreben. Für den Industriezweig Kali, der sich durch die Erzeugung von Massenprodukten und starker Anlagenintensität charakterisieren läßt, sind in das Gliederungsschema die folgenden Sachgebiete (Teilsysteme) aufgenommen worden:

Produktion/Absatz, Instandhaltung, Grundmittel/Investition, Material, Arbeitskräfte, Kosten- und Finanzrechnung. Diese Gliederung ist weitestgehend unter dem Gesichtspunkt der Datenerfassung und -verarbeitung durchgeführt worden und ist in den Strukturplänen nur teilweise zu finden. Innerhalb der Teilsysteme sind Untersysteme nach zeitlichen Aspekten zu bilden. Dabei wird innerhalb der Planung zwischen einer langfristigen, mittelfristigen und kurzfristigen Phase unterschieden. Weiter werden eine Durchführungsphase oder Echtzeitperiode und innerhalb der Folgezeit die Untersysteme Abrechnung und Analyse zu bilden sein.

Die Gestaltung der Teilsysteme ist unter Beachtung der Zielsetzung des Gesamtsystems vorzunehmen. Ausgangspunkt stellt jeweils die Beschreibung des Entscheidungsfeldes dar. Dabei soll unter Entscheidungsfeld die „Gesamt-

---

[1)] Diesem Informationsartikel liegt ein ausführlicher Bericht zugrunde, der in der Deutschen Staatsbibliothek gespeichert ist. Bestellungen über Vervielfältigungen auf xerografischer Grundlage (A 4-Positiv-Abzug; kein Mikrofilm) der Arbeit, die einen Umfang von 26 Seiten und 6 Bildern hat, sind an die Redaktion dieser Zeitschrift zu richten.

Dabei ist folgendes Kennwort anzugeben: „*Pätz:* Instandhaltung, msr/ap/006/70".

Der Versand und die Verrechnung erfolgen durch die Deutsche Staatsbibliothek (Reprografische Abteilung) Berlin.

Mitteilung aus dem VEB Kombinat KALI, Informations- und Rechenzentrum Nordhausen.

Nach einem Vortrag, der anläßlich des Symposiums „Datenverarbeitung in der Montanindustrie" am 26. und 27. November 1969 in Leipzig gehalten wurde (Bergakademie, H. 6).

heit der Faktoren verstanden werden, die die Grenzen festlegen, in denen eine Wahl einer möglichen Verhaltensweise aus mehreren denkbaren getroffen werden kann". Für die Feldbeschreibung des Teilsystems Instandhaltung wird zweckmäßigerweise vom Ausfall eines produktionsentscheidenden Aggregates ausgegangen, der instandhaltungsbedingte Ursachen habe und hohe Ausfallfolgekosten nach sich zieht, die zur Erhöhung der Kosten des Finalproduktes und zur Verringerung des betrieblichen Gewinns beitragen. Aus der Fragestellung, wie man solche instandhaltungsbedingten Verluste vermeiden kann, bieten sich folgende Möglichkeiten an:

1. Erhöhung der Zuverlässigkeit durch bessere Pflege und Wartung
2. Aufbau einer systematischen Schwachstellenforschung und Bereitstellung einer ausreichenden Ersatzteilreserve
3. Erhöhung der Redundanz des Systems durch entsprechende Reserveschaltung von Zusatzaggregaten
4. Verstärkte Koordinierung von Instandhaltungsmaßnahmen
5. Durch Einbau entsprechender Puffer in den Produktionsprozeß können instandhaltungsbedingte Verluste gering gehalten werden
6. Begegnung der Störungen durch kooperative Maßnahmen im eigenen Wirtschaftsverband.

Obwohl die Wahlmöglichkeiten nicht vollständig aufgezeigt sind, bestehen gegenwärtig keine Möglichkeiten zu einer derartigen komplexen Problembehandlung. Die Analyse der Ausgangssituation zeigt, daß am Anfang der Einführung der automatisierten Informationsverarbeitung im Instandhaltungssektor eine umfangreiche Abrechnung und Analyse der Instandhaltungsleistungen zu stehen hat. Daraus sollen eine aussagefähige inventarobjektbezogene Kostenanalyse und Grundlagen für eine Normativbildung abgeleitet werden.

Als Zielfunktion für die Instandhaltung soll die „Minimierung der grundmittelabhängigen Kosten der Finalprodukte" erreicht werden. Diese Zielfunktion soll nicht mit einem analytischen Modell, sondern zu einem gegebenen Zeitpunkt, wenn statistisch gesicherte Datenmaterialien vorliegen, als Simulationsmodell behandelt werden. Dabei kommt es insbesondere auch auf die günstige Ermittlung der gegenläufigen Elemente Instandhaltungsaufwand und Havarierisiko an.

Bei der organisatorischen Gestaltung des Teilsystems Instandhaltung ist zu beachten, daß verschiedenartige Leistungen zu erbringen sind. Sie sind in Leistungen für planmäßige Instandhaltungsmaßnahmen (PI), für außerplanmäßige Instandhaltungsmaßnahmen und für instandhaltungsfremde Leistungen zu klassifizieren. Die Wirtschaftlichkeit der Instandhaltung hängt in hohem Maße von den normativ festgelegten Maßnahmen ab. Mit Hilfe der EDVA sind Normative für die Instandhaltung zu erarbeiten bzw. Richtwerte laufend zu korrigieren. Dabei ist zu beachten, daß nicht alle Anlagen und Maschinen in das System der PI einbezogen werden, sondern daß nach dem „Prinzip der Wichtigkeit" eine Auswahl getroffen wird. Mit Hilfe eines „Dringlichkeitsfaktors", der Auskunft über die Bedeutung des Grundmittels im Produktionsprozeß gibt, soll die Selektion vorgenommen werden. Für die automatisierte Planung der Instandhaltungstermine soll als Strategie zunächst eine rein periodische Strategie gewählt werden, die später durch eine Strategie mit konstantem Wartungsabstand ersetzt wird. Als Basis für das System der PI dienen Erfahrungswerte über die Betriebs- oder Laufzeiten von Hauptbaugruppen und Einzelteilen sowie eine aussagefähige Technologie. Für die Instandhaltungsstufen I_i $(i = 1, \ldots, 4)$ gilt:

$$I_1 \in I_2 \in I_3 \in I_4 = \sum_j^n M_j .$$

M_j einzelne Maßnahmen gemäß Instandhaltungstechnologie

Mit T_1: Laufzeit bzw. Betriebszeit bis zur Maßnahme I_1 und

$$T_2 = n_1 T_1 ,$$
$$T_3 = n_2 T_2 = n_2 n_1 T_1 ,$$
$$T_4 = n_3 T_3 = n_3 n_2 n_1 T_1$$

lassen sich folgende Zusammenhänge zwischen Betriebszeit und Instandhaltungsstufen aufstellen.

Nach $T_1 = I_1$

nach $T_2 = I_2 + (n_1 - 1) I_1$

nach $T_3 = I_3 + (n_2 - 1) I_2 + n_2 (n_1 - 1) I_1$

nach $T_4 = I_4 + (n_3 - 1) I_3 + n_3 [(n_2 - 1) I_2 + n_2 (n_1 - 1) I_1]$

n_1 Anzahl der Zeiten i bis zur Maßnahme I_{i+1}

T_i Betriebszeit bis zur Maßnahme I

Die Instandhaltungsstufen der im System der PI befindlichen Grundmittel sind durch die Größen T_1, n_1, n_2 und n_3 bestimmt.

Es ist vorgesehen, mit Hilfe entsprechender mathematischer Verfahren die Größe T_1 gemäß

$$T_1 := T_1 + \Delta T$$

automatisch zu korrigieren, um aus den Richtwerten zu Normativen überzugehen. Weiterhin besteht mit Hilfe der Datenverarbeitung die Möglichkeit, auch Planaktionen außerhalb dieses Schemas vorzunehmen, indem Maßnahme und dazugehörige Betriebszeit in die Datenbank eingespeichert werden. Die Normativbildung muß als kontinuierlicher Prozeß aufgefaßt werden. In erster Näherung sollen die Normative N als „fixe Laufzeitnormative"

$$N = f(t) \qquad (t \text{ Lauf- bzw. Betriebszeit})$$

aufgestellt werden. Für ausgewählte Maschinengruppen ist

$$N = f(t, \eta) \qquad (\eta \text{ Einsatzbedingungen})$$

und schließlich

$$N = f(t, \eta, \xi) \qquad (\xi \text{ Belastung})$$

anzustreben.

Der Aufbau und die Realisierung eines GEI wird nicht für alle Sachgebiete und zeitliche Phasen gleichzeitig und in direkter Umstellung vonstatten gehen. Deshalb kommt es bei der zunächst teilweisen Übernahme auf die Darstellung der wesentlichsten Zusammenhänge und Verknüpfungen zwischen den Teilsystemen an. Als methodisches Hilfsmittel zur Darstellung können die Verknüpfungen in Form einer Matrix $[a_{kl}]_{n,n}$ und in Erweiterung als Hypermatrix $[kl_{i,j}]_{n,n}$ angegeben werden.

Bei den datentechnischen Aspekten sind die mit der Datenerfassung und Datenbank im Zusammenhang stehenden Probleme von grundlegender Bedeutung. Die Konzeption für die Datenerfassung im Rahmen eines GEI kann nicht aus der Sicht eines Teilsystems isoliert gesehen werden, sondern sie muß umfassend die Erfordernisse der verschiedenen Bedarfsträger berücksichtigen. Für das Teilsystem Instandhaltung sind neben der Datenerfassung im Rahmen einer

Auftragsorganisation die Erfassung folgender Daten von besonderer Bedeutung: Betriebszeit, Stillstandszeit, Störungsursache, Belastung (in den Stufen 1/4; 1/2; 3/4; Vollast) und Einsatzbedingungen. Dabei ist für ein gut funktionierendes System der PI die weitestgehende selbsttätige Erfassung der Betriebszeiten wichtig. Dabei sind Meßmöglichkeiten für die dezentrale, zentrale und automatische Datenerfassung zu schaffen. Insbesondere müssen geeignete Meßwertgeber entwickelt werden, die unter den verschiedensten Einsatzbedingungen einwandfrei arbeiten. Eine automatisierte Datenerfassung, bei der die Erfordernisse der Instandhaltung berücksichtigt werden, soll nur dort realisiert werden, wo Prozeßrechner zum Einsatz kommen. Mit einer solchen on-line Erfassung ist die Grundlage zur Steuerung der Instandhaltung mit Hilfe von datenverarbeitenden Anlagen geschaffen, bei der noch weitere interessierende Daten mit verarbeitet werden können.

Ein GEI kann nur auf der Basis einer sog. Datenbank aufgebaut werden. Die Datenbank soll technisch durch ein System von EDVA, die direkt gekoppelt sind, bei ausreichender Speicherkapazität mit direktem Zugriff und angeschlossenen Großraumspeichern realisiert werden. Für das Teilsystem Instandhaltung sind folgende Dateien aufzubauen, die sämtlich inventarobjektbezogen sind: Instandhaltungsstammdaten, Ersatzteile, Technologie, Normativdatei, Laufakte und Maschinenstandort/Betriebszeitdatei.
Bei der Entwicklung eines GEI müssen unbedingt Stabilitätsbetrachtungen angestellt und Maßnahmen zur Stabilitätssicherung festgelegt werden, die ein weiteres Funktionieren auch bei tatsächlich auftretenden Störungen gewährleisten.

msr 3546

Anschrift des Verfassers:
L. Pätz, Dipl.-Ing., 55 Nordhausen, Töpferstr. 6.

In der Redaktion eingegangen: 5. August 1970.

Y. IKENO, Yokosuka/Japan

Einsatz einer EDV-Anlage für die Fahrzeugkarosseriemessung

IA 5.6.2.6

Einleitung[1])

Die Automobilindustrie in Japan entwickelte sich in den letzten Jahren mit zunehmendem Tempo; Qualität und Produktivitätsziffern erreichten den Weltstand. Im Hinblick auf die Produktionsausrüstungen wurden moderne automatische Anlagen zum Einsatz gebracht, wodurch sich die Qualität der Fahrzeuge ständig verbesserte und gleichzeitig die Kosten kontinuierlich gesenkt werden konnten. Von den zahlreichen Fahrzeugtypen spielt die Massenfertigung von Personenkraftwagen eine besonders große Rolle. Dabei ist die Genauigkeit der Karosseriemontage in hohem Maße für die Qualität des gesamten Fahrzeuges ausschlaggebend. Zur Lösung dieses Problems wurde für die Genauigkeitsmessung in der Karosseriemontage eine EDV-Anlage zum Einsatz gebracht. Die bisher erzielten Ergebnisse sind ausgezeichnet.

1. Ziel des Einsatzes der EDV-Anlage

Vor der Einführung der EDV-Anlage wurden die Abmessungen einer Rohkarosserie sowie die Maße der Einzelteile (Boden, Türsäulen, Tür u. a. Montageeinheiten) mit Hilfe eines Drei-D-Meßgerätes gemessen (Bild 1). Der Vergleich zwischen den zeichnerisch vorgegebenen Abmessungen und den tatsächlich erreichten Abmessungen sowie alle Berechnungen erfolgten manuell. Bei dieser manuellen Verfahrensweise ergaben sich folgende Nachteile und Schwierigkeiten:

a) Die Anzahl der Meßvorgänge war sehr hoch. Damit vervielfachte sich das Risiko von Ablese- und Aufzeichnungsfehlern; denn die Abmessungen in den 3 Koordinatenachsen X, Y, Z wurden jeweils Meßpunkt für Meßpunkt gemessen und aufgezeichnet. Bei einer Rohkarosserie betrug die Anzahl der Meßpunkte im allgemeinen 300 bis 400.

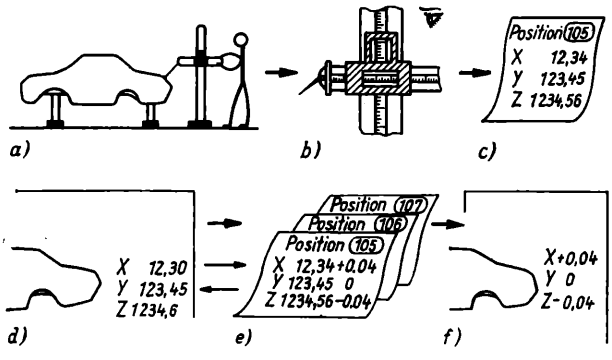


Bild 1. Manuelles System vor dem Einsatz der EDV-Anlage
a) Aufsetzen einer Karosserie auf die flache Richtplatte; b) Skalenablesung; c) Aufzeichnung; d) zeichnerisch vorgegebene Abmessungen; e) Vergleich zwischen den zeichnerisch vorgegebenen Abmessungen und den tatsächlich erreichten Abmessungen sowie erforderliche Berechnungen; f) Vorbereitung des Meßberichtes

b) Der Zeitaufwand für den Vergleich zwischen den tatsächlich gemessenen und den zeichnerisch vorgegebenen Werten sowie für die Berechnungen war beträchtlich und führte zu einer Erhöhung der Fehlermöglichkeiten.

c) Für die Arbeiten wurden große praktische Erfahrungen benötigt.

d) Der hohe Zeitaufwand für die Messungen und für die Aufbereitung der Meßwerte wirkten sich störend auf die Zeitplanung in der Massenproduktion aus.

e) Besonders hoch war die Meßhäufigkeit bei der Entwicklung eines neuen Modells. Hier waren die Schwierigkeiten, den zeitlichen Erfordernissen der Massenproduktion gerecht zu werden, enorm.

f) Die im Ergebnis einer langwierigen Arbeit erhaltenen Meßwerte wurden aus Zeitgründen nicht effektiv ausgewertet.

Um diese Probleme zu lösen — besonders, um die gewonnenen Meßwerte für die Prozeßkontrolle in der Massenproduk-

[1]) Nach einem Vortrag, der auf dem 5. Wissenschaftlichen Kongreß der KDT — der am 26. und 27. Februar 1970 in Leipzig stattfand — gehalten wurde.

tion zu nutzen — wurde das folgende EDV-System entwickelt.

2. EDV-System

2.1. *Funktion des Systems (Bild 2)*

— Bei der Messung ist keine Skalenablesung erforderlich. Die Abmessungen an den einzelnen Meßpunkten werden auf einem Zählgerät gleichzeitig für die Koordinaten X, Y und Z angezeigt. Im gleichen Zeitraum werden die Meßwerte auf einen Lochstreifen gebracht.

— Die Positionen, an denen auf Grund der bisherigen Erfahrungen oder in Abhängigkeit von der Konstruktion des Meßgerätes eine Messung erforderlich ist, werden vorab festgelegt. Die in der Zeichnung enthaltenen Standardabmessungen werden vor Beginn des eigentlichen Meßvorganges im Zentralspeicher (Plattenspeicher) gespeichert.

— Die Meßwerte werden über Lochstreifen in die EDV-Anlage eingegeben und mit den im Zentralspeicher gespeicherten Standardabmessungen verglichen. Ein Kurvenschreiber notiert gleichzeitig den Meßbericht, wobei besonders die Plus-Minus-Abweichungen herausgestellt werden.

Die Operationen Schreiben, Lesen, Berechnung, Vorbereitung des Berichtes und alle anderen Arbeitsgänge sind voll automatisiert.

2.2. *Digitalmeßanlage Bild 3)*

Die Anlage besteht aus den folgenden 6 Einheiten: Meßgerät, Fotozelle, Tastatur, Digitalzähler, Abtaster und Streifenlocher.

2.3. *Digitale Ausfgabe des Systems (Bild 4)*

Die von den auf den einzelnen Koordinatenachsen angebrachten Fotozellen ausgesendeten Lichtimpulse werden von einem Fototransistor in elektrische Signale umgewandelt, an den Digitalzähler weitergegeben und gleichzeitig dem Streifenlocher zugeführt.

3. Nutzeffekt

Die Bearbeitungszeit konnte im Vergleich zum konventionellen System um 20% gesenkt werden. Für die Messung sowie für die Aufbereitung der Meßwerte für den Rohkarosserie-Meßbericht wurden vor der Einführung des EDV-Systems zwei Arbeitskräfte für 4 volle Arbeitstage benötigt. Seit dem Einsatz des EDV-Systems wurden diese Arbeiten von der Maschine in einem Tag durchgeführt.

Bei dieser wesentlichen Senkung der Arbeitszeit ist es nunmehr möglich, auch die Größen zu messen, die früher nur dann gemessen wurden, wenn bestimmte Abweichungen aufgetreten waren. Die Ausgabezyklen und die einzelnen Meßvorgänge am Fließband konnten im Vergleich zum konventionellen System verdreifacht werden.

Durch den Einsatz dieses periodischen Karosserie-Meßsystems hat sich auch der Informationsfluß im Hinblick auf die Genauigkeit verbessert. Dadurch konnten auch die Tätigkeit der Kontrollorganisation und die notwendigen Arbeiten für bestimmte Korrekturen standardisiert werden. Dies hatte eine wesentliche Verminderung der Störanfälligkeit zur Folge.

In letzter Zeit werden häufig Veränderungen an den Modellen vorgenommen. Für den Kraftfahrzeugbetrieb ist es

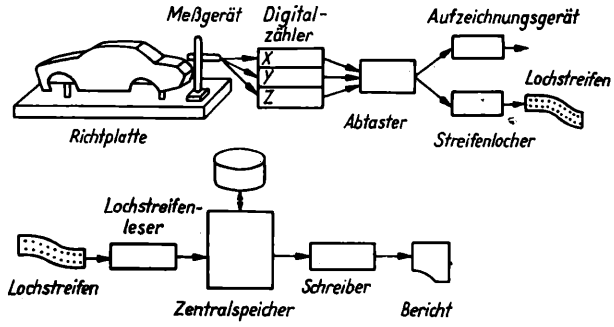


Bild 2. Ablauf nach Einführung des EDV-Systems

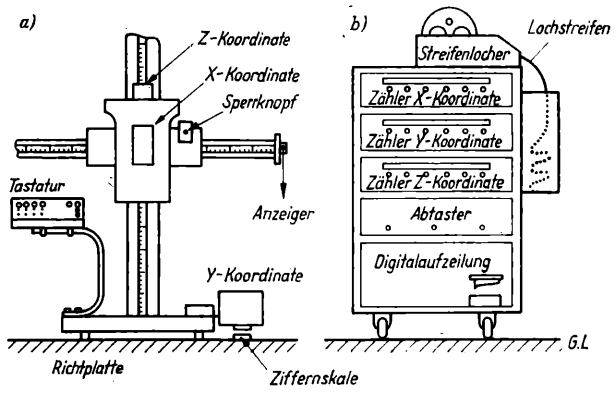


Bild 3. Meßgerät und Digitalzähler mit Abtaster und Streifenlocher

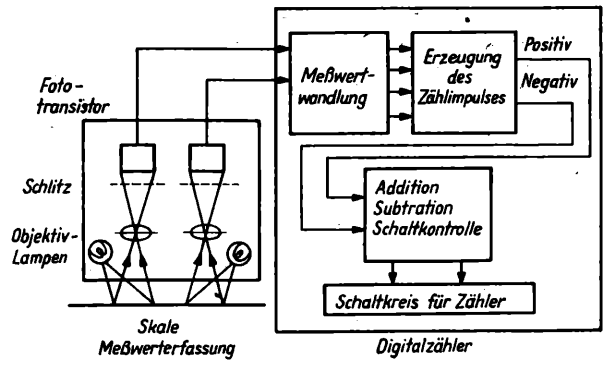


Bild 4. Meßwerterfassung und Digitalzähler

außerordentlich wichtig, daß bei der Entwicklung eines neuen Erzeugnisses die Montage genau nach Plan erfolgt. In der Vergangenheit wurden die Meßwerte in einigen Fällen auf Grund des Zeitdrucks nicht effektiv genutzt. Die Einführung des EDV-Systems erlaubt eine sofortige Rückkopplung der Meßwerte zur Konstruktion, zum Meßgerät, zu den Werkzeugen und zu den einzelnen Teilen, und zwar in allen Phasen der Konstruktion sowie beim Probelauf. Notwendige Korrekturen können sofort in Angriff genommen werden. Auch die Prüfung und Bestätigung von Korrekturen wird vereinfacht und beschleunigt. Die Vorlaufzeit für die Versuche konnte beträchtlich gesenkt werden.

Die Zuverlässigkeit der Meßwerte hat sich erhöht. Die erforderlichen Maßnahmen können in den einzelnen Abteilungen schneller und exakter durchgeführt werden, wodurch sich die Genauigkeit der Karosserien erheblich verbessert hat.

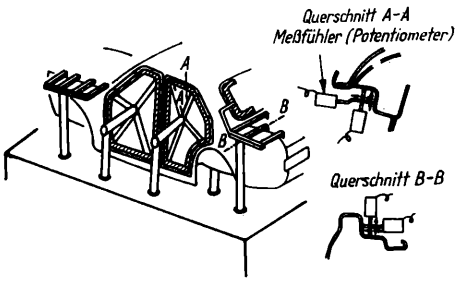


Bild 5. MCF-System

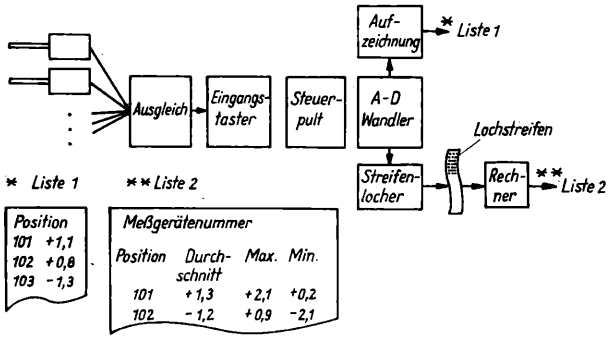


Bild 6. MCF-System

4. Einführung des MCF-Systems

Druch den Einsatz des EDV-Systems bei den komplizierten Verfahren der Fahrzeugkarosseriemessung konnte die Arbeit verbessert und vereinfacht werden. In der Massenproduktion gibt es jedoch noch zahlreiche weitere Prozesse, die sich ebenfalls automatisieren lassen. Die Messung und Kontrolle der Fahrzeugkarosseriemontage im Hinblick auf die Genauigkeit müssen so vereinfacht und systematisiert werden, daß die erforderlichen Genauigkeitsgrade für die Karosserie schneller — und zwar bereits auf dem Fließband — erreicht werden können. Gewissermaßen als Übergang wurde ein teilweise vereinfachtes MCF-(Main-Checking-Fixture)-System eingeführt.

5. Funktion des MCF-Systems (Bild 5)

Eine beliebige Karosserie wird ohne besondere Vorauswahl aus dem Fließband herausgenommen und in den Standardpositionen auf die Richtplatte gesetzt. Die im Gerät eingebauten einzelnen Abtaster (Potentiometer) werden automatisch auf die Karosserie aufgesetzt.

Die einzelnen Abtaster werden nach den zeichnerisch vorgegebenen Abmessungen angebracht. Gemessen werden die Fluchtung der Karossen und die Plus-Minus-Abweichungen. Die Meßgeräte-Nummer wird von einem Anzeigegerät aufgezeichnet; die Meßwerte auf Streifen gelocht.

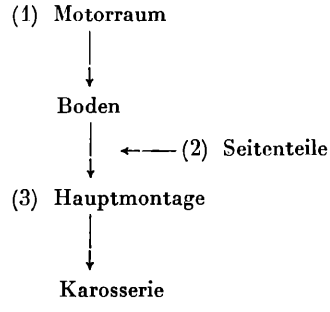
Die Meßwerte für 30 bis 40 Karosserien werden dem Rechner eingegeben. Der Rechner analysiert die Meßwerte gesondert nach den einzelnen Meßgerätenummern; das Ergebnis erscheint in der Ausgabe. Die Ergebnisse dieser Analyse dienen für die Korrektur der Meßgeräte sowie für die Sammlung weiterer Informationen zur Genauigkeit der Karosserie. Die Aufstellung der Meßwerte für die einzelnen Karosserien wird gleichzeitig für die Arbeitsplatzbewertung bzw. die Bewertung der Arbeitsleistung verwendet.

6. Nutzeffekt (Bild 6)

Fast sämtliche Punkte, die für die Konstruktion der Karosserien von Bedeutung sind, lassen sich nunmehr automatisch messen. Dies ermöglicht z. B. die exakte Festlegung der für die Montage erforderlichen Bohrungen, die Festlegung der einzelnen für die Installationsgenauigkeit erforderlichen Punkte (an Türen, Kotflügeln usw.) sowie die Öffnungsabmessungen für die Windschutzscheibe, Heckscheibe und andere Öffnungen.

Die Bearbeitungszeit konnte wesentlich gesenkt werden. Annähernd 200 Punkte in allen erforderlichen Achsenrichtungen werden in 30 min an 80 verschiedenen Positionen je Karosserie gemessen.

Die Genauigkeitsanalyse erfolgt jeweils nach der Meßgerätenummer. Die Montage der Karosserie geht in folgender Reihenfolge vor sich:



Annähernd 10 Meßgeräte-Einheiten werden für die einzelnen Montagen (1) bis (3) eingesetzt. Die Meßgeräte können zur Gesamtmontage beliebig kombiniert werden. Bei der Korrektur der Meßgeräte muß die Genauigkeit der Karosserie jeweils nach den Meßgerätenummern überwacht werden. Diese Meßwerte lassen sich manuell nur sehr schwer analysieren. Bei dem verwendeten System läßt sich die Genauigkeit nach den einzelnen Meßgerätenummern der 3 Meßgerätetypen (1) (2) und (3) mit Hilfe des Rechners ohne größere Schwierigkeiten analysieren.

Das verwendete System soll zukünftig in allen Produktionsprozessen eingesetzt werden, um auf diese Weise eine Kontrolle mit hohem Automatisierungsgrad zu erreichen.

msr 3531

Anschrift des Verfassers:

Y. Ikeno, Nissan Motor Co., Ltd., Yokosuka/Japan, 1 Natsushimacho.

Prospektmaterial

über die Literatur des

VEB VERLAG TECHNIK

fordern Sie bitte bei Ihrem Buchhändler an

Spezialschaltuhren
für alle Zwecke
Sonderanfertigungen nach Angaben u. Diagramm,
Rhythmus- und Taktstraßen-Schaltuhren,
Schaltuhren mit Wischkontakt,
Kurz- u. Langzeitrelais,
Programmsteuer-Schaltwalzen bis 30 Stromkreise,
Schaltwalzen f. Neonwerbung,
Impulsgeber, Zeitschalter,
Schaltuhr-Reparaturen

Franz Seidler
elektr. Uhren u. Apparatebau
8053 Dresden,
Tolkewitzer Straße 53
Ruf 30940

Dipl.-Ing. A. U. STUART, Glasgow

Pneumatische Meßeinrichtung zur Wegmessung an einer Drehmaschine mit Folgesteuerung

IA 3.2.1.1; 5.6.2.0

Einleitung[1])

Im Vergleich zu elektrischen und elektronischen Meßeinrichtungen ist die Trägheit bestehender konventioneller pneumatischer Meßgeräte Ursache dafür, daß sie zur Erfassung von Meßprozessen oberhalb von 2 Hz im allgemeinen ungeeignet sind. Wie diese Schwierigkeit überwunden und zusätzlich der lineare Meßbereich vergrößert werden kann, wird anhand einer einfachen direkten pneumatischen Abstandsmessung gezeigt. Die Meßeinrichtung wurde für den Einsatz auf einer Drehmaschine mit Folgesteuerung entwickelt.

1. Grundkonstruktion des pneumatischen Abstandsmessers

Der Signaldruck wird wie bei konventionellen Messungen von einem als Drossel wirkenden Rohr abgenommen (Bild 1).

Das innere Volumen der Meßeinrichtung wurde klein bemessen, um einen größeren Anteil des Speisedruckes für Meßzwecke ausnutzen zu können. Das führte gleichzeitig zu verbessertem Frequenzgang und vergrößertem linearen Meßbereich. Die Grenzfrequenz der Meßeinrichtung lag im Bereich zwischen 15 und 105 Hz und war abhängig von Speisedruck sowie Durchmesser und Länge des Meßgliedes. Die Einfachheit der Konstruktion erübrigte eine Anpassung der Signaldüse an die Meßdüse.

Die Empfindlichkeit der Meßeinrichtung sowie der Signaldruckanteil des Speisedrucks vergrößerten sich mit zunehmender Rohrlänge. Die mittlere Arbeitsentfernung nahm mit abnehmender Rohrlänge zu.

2. Zum praktischen Einsatz der Meßeinrichtung

Träger der Meßeinrichtung war der Werkzeugschlitten.

Mit der Annäherung der Meßeinrichtung an das zu messende Werkstück stieg der Signaldruck von Null auf einen dem zu messenden Werkstückdurchmesser proportionalen Druck an und wurde mittels Druckmeßgerät (Quecksilbermanometer) angezeigt. Um der Trägheit der Meßeinrichtung entgegen zu wirken, wurden zwei Meßdüsen entlang des Werkstücks geführt.

3. Kalibrierung der Meßeinrichtung

3.1. *Einfluß von Werkstückform und Oberflächenrauheit*

Untersuchungen an zylindrischen Werkstücken mit unterschiedlichen Durchmessern zeigten abweichende Werte für gleiche Verschiebungen der Meßeinrichtung (Bild 2). Bei der Kalibrierung der Meßeinrichtung müssen deshalb Prüfstücke verwendet werden, die den herzustellenden Werkstücken entsprechen. Für Luftspaltbreiten $> 0{,}002''$ kann der Einfluß der Oberflächenrauheit auf das Meßergebnis unberücksichtigt bleiben.

3.2. *Anpassung der Meßrohre und Einfluß der Drehgeschwindigkeit*

Da zur Ermittlung des Werkstückdurchmessers beiderseitig des Werkstücks in seiner Querachse je eine Meßdüse angeordnet wurde, mußten beide Meßdüsen gleiche Kennlinien, d. h. gleiche Abmessungen haben. Der Kennlinienverlauf

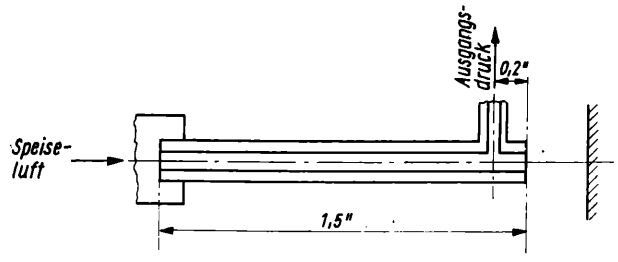


Bild 1. Aufbau des pneumatischen Abstandsmessers
Speisedruck, Signaldruck und Meßobjekt

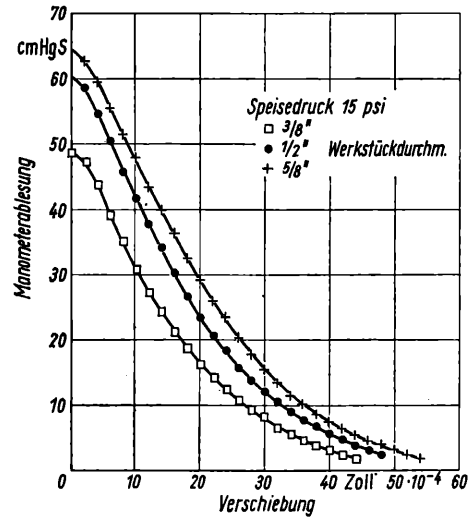


Bild 2. Einfluß des Werkstückdurchmessers auf die statische Kennlinie der Meßeinrichtung

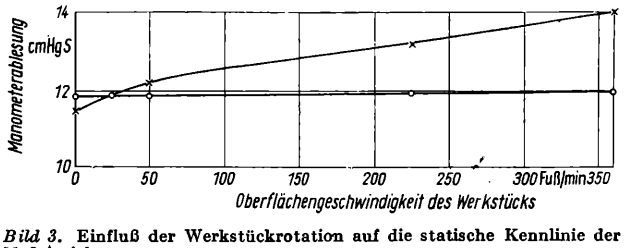


Bild 3. Einfluß der Werkstückrotation auf die statische Kennlinie der Meßeinrichtung
× ohne Kühlmittel, ○ mit Kühlmittel

[1]) Nach einem Vortrag, der unter dem Titel „IN-PROCESS MEASUREMENT APPLIED TO A SEQUENCE COUTROLLED LATHE" auf dem 5. Wissenschaftlichen Kongreß, der am 26. und 27. Februar 1970 in Leipzig stattfand, gehalten wurde.
Mitteilung aus Production Engineering Department, University of Strathclyde, Glasgow/Scotland.

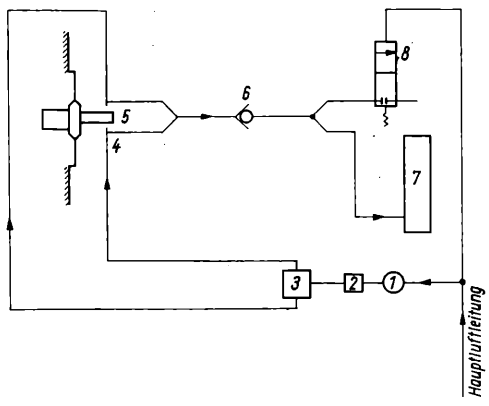


Bild 4. Aufbau der pneumatischen Schaltung
1 Luftfilter, 2 Druckregler, 3 Verteiler, 4 Meßdüse, 5 Werkstück, 6 Rückschlagventil, 7 Quecksilber-Manometer, 8 Ventil

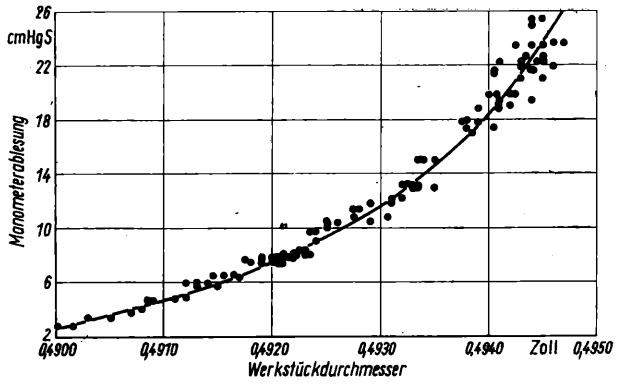


Bild 5. Statische Kennlinie des pneumatischen Abstandsmeßsystems

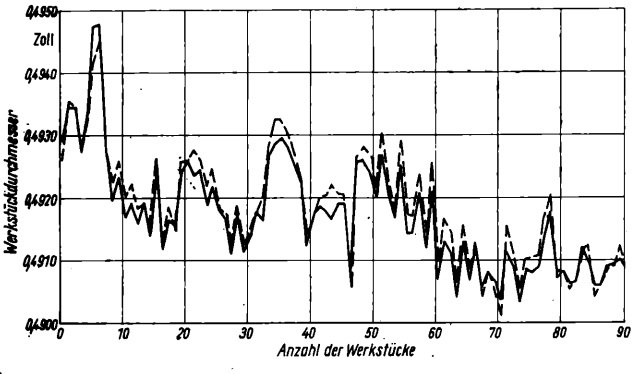


Bild 6. Vergleich von Werkstückdurchmessern, die mit dem pneumatischen Meßsystem und mit einem Komparator gemessen wurden
– – – pneumatisches Meßsystem; ——— Komparator

zeigt dann gute Übereinstimmung mit [1]. Diese Meßeinrichtung wurde so eingestellt, daß sie bei ruhendem Werkstück maximalen Ausschlag anzeigte. Für den Durchmesser von 0,4925″ wurden danach Ablesungen bei verschiedenen Drehgeschwindigkeiten sowie mit und ohne Kühlmittel vorgenommen (Bild 3). Die Zunahme des Signaldruckes mit zunehmender Drehzahl könnte auf das dem Werkstück anhaftende Kühlmittel zurückzuführen sein. Die Zerstörung des Kühlmittelfilms durch den Luftstrom ist also notwendig, um die Werkstückoberfläche zu messen. Daß sich bei ruhendem Werkstück mit zunehmendem Kühlmittelstrom der Signaldruck verringerte, ist auf den Venturieffekt an der Meßdüse zurückzuführen. In [1] wurde gezeigt, daß für Werkstückdurchmesser $> 1''$ der Einfluß von Kühlmitteln vernachlässigbar klein ist.

4. Meßwertanzeige (Bild 4)

Die Druckluft wurde einer Hauptspeiseleitung entnommen, in 1 gefiltert und in 2 auf 15 psi[2]) reduziert, ehe sie über einen Verteiler 3 zwei pneumatischen Meßdüsen 4 zugeführt wurde. Die Signaldrücke wurden über ein Rückschlagventil 6 dem Druckmeßgerät 7 zugeführt. Das Löschen des Signals, bevor die nächste Messung einsetzen konnte, übernahm ein Ventil 8, das beim Werkzeugschlittenrücklauf betätigt wurde.

Das Druckmeßgerät bestand aus einer Glasröhre, in die in gleichmäßigen Abständen Kontakte eingeschmolzen waren. Nahm der Quecksilberspiegel des Druckmeßgerätes als Folge des Signaldruckes zu, wurde ein elektrischer Kreis geschlossen und ein Signal zur Anzeigeeinheit übertragen. Um die Betätigung dieses Schalters durch das Quecksilber bei Probenwechsel auszuschließen, wurde bei Werkzeugschlittenrücklauf ein Mikroschalter betätigt. Dieser verhinderte eine Reaktion der Anzeigeeinheit auf den Probenwechsel. Dadurch wurde eine Verkürzung der Einstellzeit erzielt. Von jedem Kontakt wurde ein separates Kabel zu einer Anzeigeeinheit übertragen. Im Ergebnis der Messungen war das Histogramm ablesbar.

5. Kalibrierung des Meßsystems

Vorversuche an einer Drehmaschine zeigten, daß das Spannfutter um etwa 0,0025″ exzentrisch war. Eine Kalibrierung des Systems unter Verwendung eines im Spannfutter befindlichen Vergleichsstückes (Normal) war deshalb erschwert. Die Kalibrierung wurde schließlich mit statistischen Mitteln durchgeführt. Die Messung erfolgte mittels Komparator. Die statische Kennlinie wurde durch Gaußschen Fehlerausgleich ermittelt (Bild 5). Zur Überprüfung dieser Kurve wurde eine Anzahl von Werkstücken auf der Drehmaschine hergestellt, und ihre Durchmesser wurden sowohl mit dem Druckmeßgerät als auch mit einem Komparator gemessen (Bild 6).

6. Künftige Entwicklungen

Gegenwärtig werden weitere Arbeiten durchgeführt, um die Empfindlichkeit der Meßeinrichtung weiter zu erhöhen; hierbei soll jedoch der lineare Bereich so groß wie möglich gehalten werden. Aus Kombinationen von Meßdüsendurchmessern/Speisedrücken/Meßrohrlängen sind optimale Anordnungen herauszufinden.

Um die Grenzfrequenz weiter zu erhöhen, wird eine Kombination von Meßdüse und Druckwandler benutzt, wobei der Übertragungsteil des Wandlers mit einer inkompressiblen Flüssigkeit gefüllt wird. Dabei wurden Meßschwellen für Verschiebungen von 0,00004 in ($\approx 1\,\mu$m) erreicht. Verschiedene Anzeichen sprechen dafür, daß die Grenzfrequenz bis auf 300 Hz erhöht werden kann.

Um beim Messen Beschädigungen der Meßdüse zu vermeiden, wurde das Meßrohr flexibel angebracht und die Meßanordnung damit kalibriert. Erste Ergebnisse eines Tests zeigen nur geringen Einfluß dieser Befestigungsart auf die Meßgüte.

Zusammenfassung

Bei Verwendung von direkten pneumatischen Abstandsmeßsystemen kann die Meßzeit gegenüber konventionellen Meß-

[2]) psi = englische Einheit des Druckes (1 psi = 1 lbf/in² = 7,031 · 10⁻²kp/cm²).

Dipl.-Ing. W. LIPPMANN und Dipl.-Ing. M. BENDER, Karl-Marx-Stadt

Ersatz des Fliehkraftreglers durch einen kontaktlosen Regler bei Antrieben mit Universalmotoren

IA 5.5.4.5

Einleitung[1])

Zum Antrieb von Buchungsmaschinen, Fernschreibern o. ä. verwendet man gegenwärtig vorwiegend Universalmotoren (Nennleistung bis zu 150 W), deren Drehzahl mit Fliehkraftreglern konstant gehalten wird (Bild 1).

Bei Überschreiten der Drehzahl n_0 öffnet der Fliehkraftreglerkontakt F, so daß fast die gesamte Netzspannung über dem Vorwiderstand R_v abfällt, wodurch der Motor auf n_u abgebremst wird. Danach schließt F, und der Motor wird wieder beschleunigt. Im geschlossenen Zustand fließt über den Fliehkraftreglerkontakt der gesamte Motorstrom; das führt beim Schalten zu erhöhtem Verschleiß, Störanfälligkeit und damit zu kurzer Lebensdauer.

Anhand von zwei typischen Anwendungsfällen mit unterschiedlich geforderter Drehzahlgenauigkeit soll untersucht werden, mit welchem Aufwand man den Fliehkraftregler durch einen kontaktlosen Regler ersetzen kann. Als Stellglied werden Thyristoren verwendet.

1. Ausführungsmöglichkeiten des Stellgliedes

Im Bild 2 sind zwei bekannte Anordnungsmöglichkeiten dargestellt, die Phasenanschnittänderung beider Halbwellen gestatten. Bei der Antiparallelschaltung von zwei Thyristoren

[1]) Mitteilung aus dem Kombinat Elektrische Haushaltgeräte Suhl, Betrieb Zentrallaboratorium für Elektrogeräte Karl-Marx-Stadt.

(Schluß von Seite 213)

systemen wesentlich verkürzt werden. Es ist zu erwarten, daß die Meßschwelle automatischer Meßsysteme bei etwa 0,0005″ (0,01 mm) liegt. Die praktische Anwendung der vorgestellten Meßeinrichtung ist auch ökonomisch vorteilhaft.

Pneumatische Meßmethoden liefern keine absoluten Werte für Abmessungsänderungen. Pneumatische Meßsysteme müssen mittels Normalen kalibriert werden. Die zur Kalibrierung benutzten Normale sollten in Oberflächenrauheit und -gestalt den zu messenden Werkstücken entsprechen. Anderenfalls können erhebliche Meßfehler auftreten [3].

Im Vergleich zu konventionellen pneumatischen Meßsystemen sind Linearität und Empfindlichkeit des Meßsystems verbessert worden. Aus praktischen Gründen wurde ein Speisedruck 15 psi $\approx$ 1 kp · cm^{-2} benutzt. Man kann jedoch zeigen, daß der lineare Bereich sowohl bei Erhöhung des Speisedruckes als auch bei Vergrößerung des Meßdüsendurchmessers zunimmt.

Literatur

[1] *Bath, M.*, and *D. Brown:* A Pneumatic Proximity Gauge. N. E. L. Report No. 322, 1967.

[2] *Blair, A. D.:* An Automatic Pallet Location System for Use on Numerically Controlled Machine Tools. University of Strathclyde, MSc Thesis, 1969.

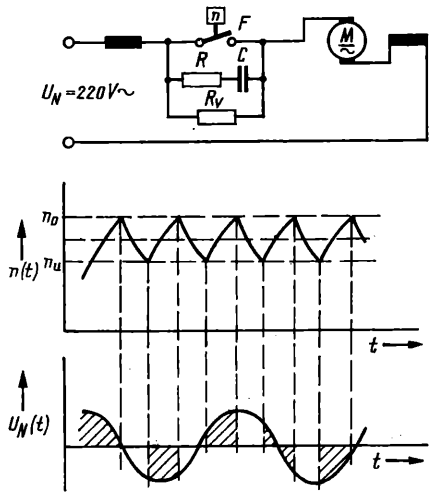
[3] *Evans, J. C.:* Pneumatic Gauging Techniques. Research 11 (1958) March.

msr 3509

Anschrift des Verfassers:

A. U. Stuart, Dipl.-Ing., Production Engineering Department, University of Strathclyde, Glasgow/Scotland.

Bild 1. Prinzipielle Wirkungsweise der Drehzahlregelung mit Fliehkraftregler



(Bild 2a) benötigt man zur Potentialtrennung der Steuerimpulse einen Impulsübertrager. Dagegen wird in der Brükkenschaltung (Bild 2b) ein Thyristor durch vier Dioden gleicher Strom- und Spannungsbelastbarkeit ersetzt. Der Aufwand für die Zündimpulserzeugung ist in beiden Fällen gleich. Deshalb hängt die Entscheidung, welches Stellglied angewandt wird, vor allem von den Preisrelationen der Bauelemente ab.

2. Ausgeführte Regelschaltungen

2.1. Drehzahlregelung für einen Fernschreiber

In der Fernschreibtechnik dient zur Übermittlung von Buchstaben, Ziffern und Zeichen ein Fünfspur-Kode sowie ein Start- und Stopimpuls für den Fernschreiber (Bild 3). Drehzahlabweichungen Δn und daraus resultierende Phasenwinkelabweichungen $\Delta\varphi$ des Motors, die während der Verarbeitung eines Zeichens entstehen, rufen eine zeitliche Verschiebung der Impulseinsätze gegenüber den Sollwerten hervor. Bei Zeichenbeginn ist $\Delta\varphi = 0$.

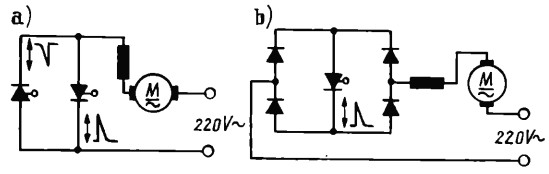
Zur Beurteilung der Regelung dient die Bezugsverzerrung δ_{BZ}. Sie wird aus der Grunddrehzahl n_0 des Motors und der Dauer a_s eines Impulses errechnet zu

$$\delta_{BZ} = \frac{\Delta\varphi\, 60}{2\, n_0\, 180\, a_s} = \text{const}\, \Delta\varphi$$

für $\Delta\varphi$ in grd, n_0 in min^{-1} und a_s in s.

Während der Dauer eines Zeichens dürfen relativ hohe Drehzahlabweichungen auftreten, die schnell wieder abklingen müssen, um den dadurch bedingten Zuwachs des Phasenwinkels gering zu halten.

Bild 4 zeigt einen Ausschnitt aus dem als Störgröße auf den Drehzahlregelkreis wirkenden Momentenverlauf des Fernschreibers [1]. Diese Momentenstöße können durch eine an den Antrieb starr gekoppelte Schwungmasse nur unvollkommen bedämpft werden, da vom Motor unter Vollast eine Hochlaufzeit von $<$0,7 s gefordert wird.



2

Bild 2. Anordnung der Ventile im Stellglied
a) Antiparallelschaltung von zwei Thyristoren
b) Diodenbrücke mit Thyristor im Gleichspannungsausgang

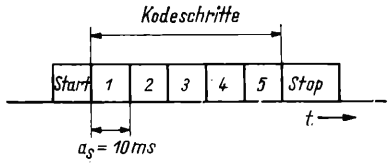


Bild 3. Zeichenbildung in der Fernschreibtechnik

3

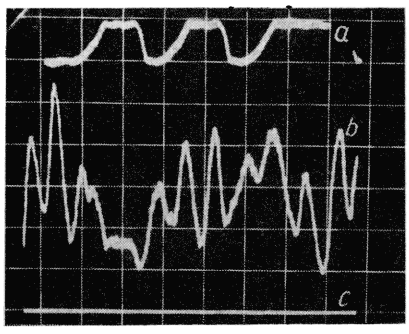
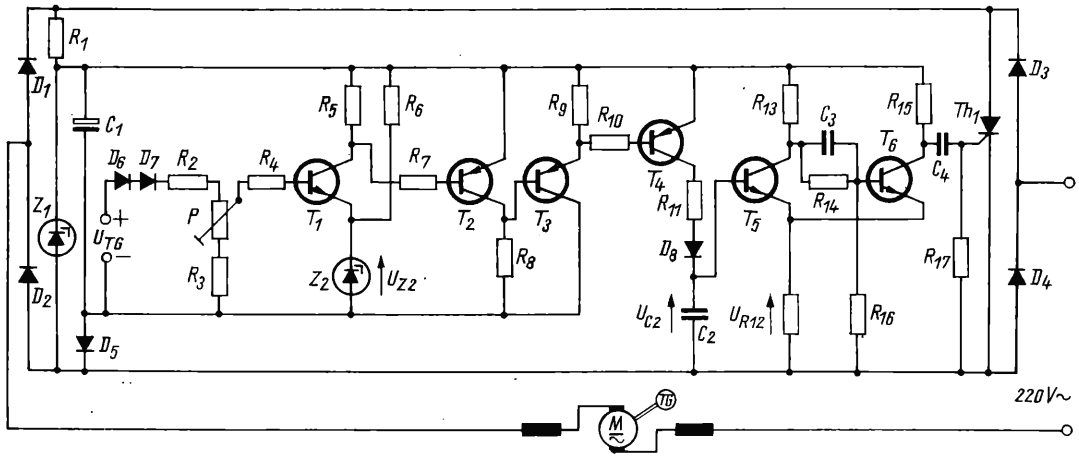


Bild 4. Momentenverlauf eines Fernschreibers [1]
a) Telegrafierzeichenstrom,
b) Moment,
c) Momentennullinie

schaltung diente eine Einrichtung (Bild 6) zur Nachbildung des Lastmomentenverlaufes, die ein reproduzierbares Moment liefert.

Der Fernschreibermotor wird durch einen generatorisch betriebenen Scheibenläufermotor belastet. Auf diese Weise kann der Anstieg der Momentenstöße durch die kleine elektrische Zeitkonstante $T_e = 44\,\mu s$ gut nachgebildet werden. Mit dem Widerstand R1 wird das Grundmoment eingestellt. Der elektronische Schalter S schließt R2 periodisch kurz, so daß damit Höhe und Dauer der Momentenstöße bestimmt sind.

Bild 5. Drehzahlregelschaltung für einen Fernschreiber



2.1.1. Aufbau der Drehzahlregelschaltung (Bild 5)

Es wird ein Stellglied nach Bild 2b verwendet, wobei eine stetige Änderung des Zündwinkels des Thyristors in Abhängigkeit von der Regelabweichung erfolgt. Den Istwert erzeugt ein fünfphasiger Wechselspannungsgenerator TG, dessen Spannung der Drehzahl proportional ist. Nach Gleichrichtung dieser Spannung erfolgt der Vergleich mit der Sollwertspannung U_{Z2}. Die so gebildete Regelabweichung verstärkt ein dreistufiger Gleichspannungsverstärker, dessen Ausgangsspannung den als veränderlichen Widerstand angeordneten Transistor T4 steuert. Über T4 lädt sich der Kondensator C2 auf. Erreicht die Kondensatorspannung U_{C2} den Wert U_{R12}, dann schaltet die aus T5 und T6 gebildete monostabile Kippstufe. Es entsteht ein Zündimpuls, der über C4 und R17 an die Steuerelektrode des Thyristors gelangt. Zur Synchronisierung der Zündimpulse mit der Netzspannung wird die Versorgungsspannung der monostabilen Kippstufe aus einer ungesiebten, durch die Zenerdiode Z1 begrenzten Gleichspannung gewonnen, wobei sich C2 in den Nulldurchgängen entlädt. Mit dem Potentiometer P kann die Grunddrehzahl eingestellt werden.

2.1.2. Untersuchung der Schaltung

2.1.2.1. Nachbildung des Belastungsmomentes

Der Momentenverlauf des Fernschreibers (Bild 4) setzt sich aus statistisch verteilten Stößen unterschiedlicher Höhe und Dauer zusammen. Zur Untersuchung der Drehzahlregel-

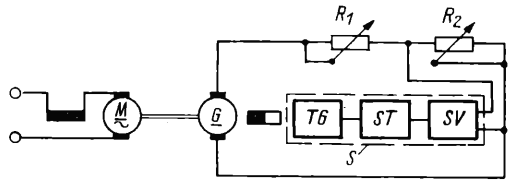


Bild 6. Einrichtung zur Nachbildung des Belastungsmomentes
M drehzahlgeregelter Fernschreibermotor, G Scheibenläufermotor, S elektronischer Schalter, TG Tieftongenerator, ST Schmitt-Trigger, SV Schaltverstärker

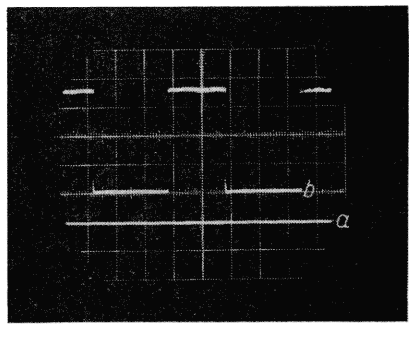


Bild 7. Nachgebildeter Lastmomentenverlauf
a) Nullinie
b) Grundmoment

Die Daten des Lastmomentes (Bild 7) ergaben sich aus den an einem Fernschreiber gemessenen Momentenverläufen aller auftretenden Zeichen. Sie wurden so gewählt, daß der zu regelnde Motor etwas höher als im Normalfall belastet wird, wodurch die auftretenden Exemplarstreuungen der Fernschreibmaschinen bei der Beurteilung der Regelschal-

tung vermieden werden können. Durch Veränderung des Momentenverlaufes konnte das dynamische Verhalten des Regelkreises untersucht werden.

2.1.2.2. Untersuchungsergebnisse

Bei netzgeführten Thyristoren wirkt sich nachteilig aus, daß sie nach erfolgter Zündung erst beim Nulldurchgang des Laststromes wieder gelöscht werden. Während der Leitdauer des Thyristors kann die Regelabweichung die Versorgungsspannung des Motors nicht beeinflussen. Aus den gemessenen Verläufen der Drehzahl- und Phasenwinkelabweichung am Fernschreiber ergab sich jedoch, daß zu einer merklichen Phasenwinkelabweichung nur Stöße mit einer Dauer $\geqq$ 15 ms beitragen (z. B. ruft eine über 15 ms wirkende konstante Drehzahlabweichung von 3 ‰ eine Phasenwinkelabweichung von 1° hervor). Netzgeführte Thyristoren lassen sich also durchaus für den vorliegenden Anwendungsfall einsetzen, was auch die angegebenen Meßergebnisse bestätigen. Günstigere Verhältnisse ergeben sich bei Verwendung von fremdgelöschten Thyristoren, wobei der Fernschreibermotor mit Gleichspannung betrieben wird. Die Thyristoren werden dann in Abhängigkeit von der Regelabweichung gezündet und gelöscht. Der Aufwand für eine derartige Schaltung ist aber bedeutend höher als bei netzgeführten Thyristoren, so daß sie für den vorliegenden Anwendungsfall nicht in Frage kommt.

Tafel 1. Drehzahl- und Phasenwinkelabweichung eines geregelten Fernschreibmotors

Drehzahlregelung mit	Δn_{max} [‰]	$\Delta\varphi_{max}$ [°]	δ_{BZ} [%]
Thyristoren	5,1	3,4	1,5
Fliehkraftregler	3,7	3,6	1,6
in [3] geforderter Mindestwert	$\leqq$7,5	./.	$\leqq$3

In der Tafel 1 sind die während der Dauer eines Zeichens aufgetretenen Maximalwerte (Spitze – Spitze) der Drehzahl- und Phasenwinkelabweichung angegeben. Einen merklichen Unterschied weisen nur die Meßergebnisse der Drehzahlabweichung auf, was sich nach den Ausführungen unter Abschn. 2.1 nicht nachteilig auswirkt. Die Abweichungen traten stoßförmig und unregelmäßig während relativ großer Taktzeiten auf. Sonst betrugen sie etwa 2‰. Der Gleichspannungsverstärker wurde so aufgebaut, daß diese Abweichungen durch eine geeignete Rückführung und Erhöhung der Kreisverstärkung verringert werden können. Im Temperaturbereich von +20 bis +60 °C änderte sich die Grunddrehzahl bei Nennspannung um 0,67‰.

2.2. Drehzahlregelung für eine Buchungsmaschine

Für den Antrieb von Buchungsmaschinen fordert man gegenüber dem vorher beschriebenen Anwendungsfall eine wesentlich geringere Drehzahlkonstanz (etwa $\pm$ 3% Abweichung von der Nenndrehzahl). Die Belastung des Motors gleicht etwa der, wie sie im Bild 4 dargestellt ist.

2.2.1. Aufbau der Regelschaltungen

Zur Drehzahlregelung wurden zwei Schaltungen mit den im Bild 2 dargestellten Stellgliedern aufgebaut. In der Schaltung nach Bild 8 befinden sich im Lastkreis die beiden antiparallel angeordneten Thyristoren Th1 und Th2. Den Istwert erzeugt ein Klauenpolgenerator, der aus einer in einem Klauenpolkäfig angeordneten bifilar gewickelten Spule mit Mittelanzapfung und einem vierpoligen permanentmagnetischen Rotor besteht. Nach Gleichrichtung der Generatorspannung wird die Regelabweichung in der aus den Widerständen R1, R2, R3 und der Zenerdiode Z bestehenden Brückenschaltung gebildet. Die beiden Transistoren T1 und T2 verstärken die Regelabweichung.

Die Thyristoren werden wie folgt gezündet: C2 lädt sich über R4 und R5 auf, solange die Katode gegenüber der Anode von Th1 positiv ist. Bei Potentialumkehr entlädt sich C2 über die Steuerstrecke von Th1, so daß dieser zündet. Gleichzeitig lädt sich C3 über R8 und R9 auf, wodurch nach erneutem Potentialwechsel Th2 zündet und Th1 löscht.

Beim Anlegen der Netzspannung an den Motor ist zunächst keine Tachogeneratorspannung vorhanden. Zur Erzeugung der Brückenausgangsspannung wird deshalb C1 über R5 und D5 aufgeladen, wodurch beide Thyristoren zünden. Bei Spannungsgleichgewicht sperrt D3, so daß von da ab an der Brücke nur noch die Tachogeneratorspannung liegt. Mit dem Potentiometer P kann die Grunddrehzahl des Motors eingestellt werden.

In dieser Schaltung beeinflußt die Regelabweichung den Zündzeitpunkt von Th1, während Th2 in Abhängigkeit von Th1 leitet. Bei der im Bild 9 dargestellten Anordnung wird der Zündwinkel des Thyristors Th1 für beide Halbwellen der Netzspannung von der Regelabweichung bestimmt. Der Aufbau ähnelt im Prinzip der im Abschn. 2.1.1 beschriebenen Schaltung. Jedoch dient die Zenerdiode Z gleichzeitig zur Erzeugung des Sollwertes und der Versorgungsspannung für die Zündimpulserzeugerstufe. Die Regelabweichung wird durch die beiden Transistoren T1 und T2 verstärkt, die als veränderlicher Widerstand angeordnet sind. Über T1 und T2 wird C1 auf den Wert aufgeladen, bei dem die aus T3 und T4 gebildete monostabile Kippstufe schaltet und somit ein Zündimpuls über C3 und R11 an die Steuerelektrode von Th1 gelangt.

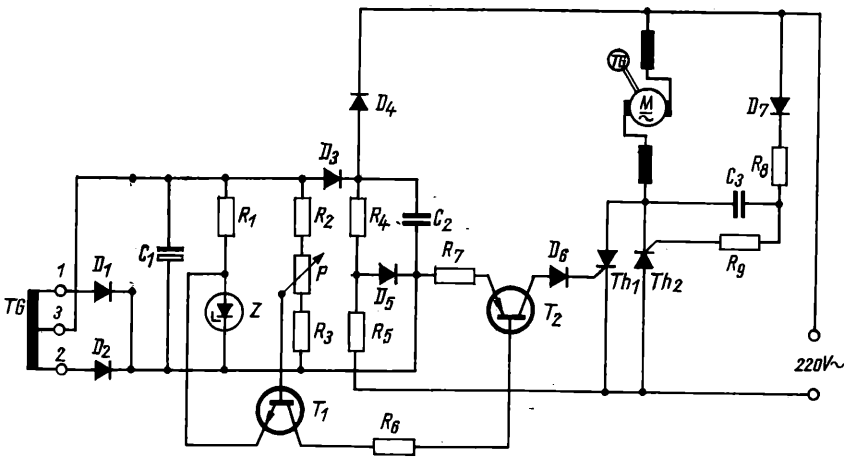
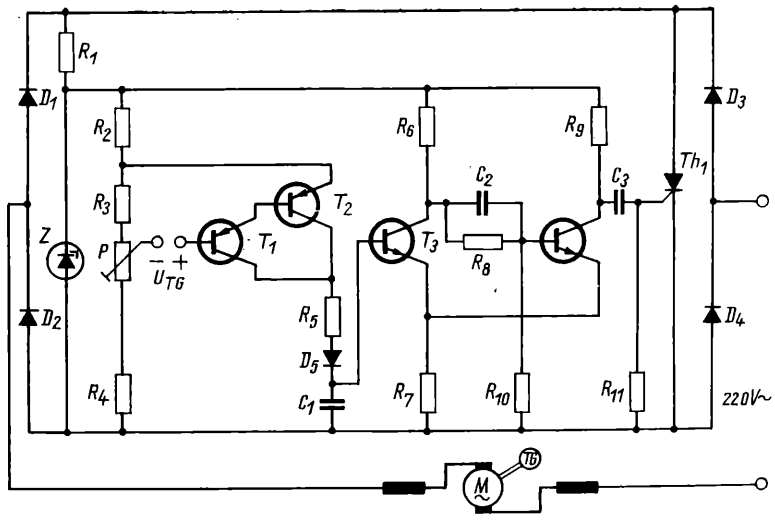


Bild 8. Drehzahlregelschaltung für eine Buchungsmaschine

Bild 9. Drehzahlregelschaltung für eine Buchungsmaschine



Tafel 2. Drehzahlrabweichung eines geregelten Buchungsmaschinenantriebes

Drehzahlregelung mit	Δn_{max} [%]
Schaltung nach Bild 8	1,5
Schaltung nach Bild 9	0,7
Fliehkraftregler	2,4

2.2.2. Untersuchungsergebnisse

Zur Nachbildung der Belastung des Motors diente die im Abschn. 2.1.2.1 beschriebene Einrichtung mit entsprechend geändertem Momentenverlauf. In der Tafel 2 sind die bei Nennspannung gemessenen Werte für die Drehzahlabweichung im Vergleich zur Drehzahlregelung mit Fliehkraftregler angegeben. Bei der Schaltung nach Bild 8 treten im Vergleich zu der im Bild 9 größere Totzeiten auf, da nach der Zündung Th2 während der gesamten Netzspannungshalbwelle leitet. Das dynamische Verhalten ist deshalb wesentlich schlechter.

Schlußbetrachtungen

Die beschriebenen Schaltungen erfüllen gut die jeweils gestellten Forderungen. Sie gestatten eine nahezu verlustlose Drehzahlregelung. Temperaturabhängigkeit, Langzeitkonstanz und Netzspannungsabhängigkeit der Drehzahl sind günstiger als bei den untersuchten Antrieben mit Fliehkraftregler. Sämtliche Schaltungen wurden als Bausteine aufgebaut, die in der betreffenden Maschine relativ wenig Platz benötigen und bei Ausfall bequem ausgetauscht werden können.

Vorwiderstand und Funkenlöscheinrichtung des Fliehkraftreglerkontaktes sowie die technologisch aufwendigen und außerdem störanfälligen Schleifringe fallen weg. Die Lebensdauer des Antriebes wird praktisch nur noch vom Motor bestimmt. Sie kann durch Einsatz eines ständerspannungsgeregelten Induktionsmotors wesentlich erhöht werden [2]. Den genannten Vorteilen des elektronisch geregelten Antriebes steht jedoch als Nachteil der höhere Preis gegenüber. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß beim Fliehkraftregler wiederholt durch notwendige Nachjustierung oder Austausch und damit verbundene Stillstandszeiten der Maschine zusätzliche Betriebskosten auftreten.

Literatur

[1] Unterlagen des VEB Gerätewerk Karl-Marx-Stadt.
[2] *Otto, H.:* Drehzahlregelung der Asynchronmaschine durch Veränderung ihrer Ständerspannung über die Anschnittsteuerung von Thyristoren. fördern und heben 16 (1966) H. 8, S. 679–686.
[3] *Buschmann, H.:* Ein wirtschaftlicher drehzahlgeregelter Induktionsmotor hoher Zuverlässigkeit für Fernschreiber. Feinwerktechnik 72 (1968) H. 4, S. 193–202.
[4] *Kretzmann, R.:* Handbuch der Elektronik. Berlin-Borsigwalde: Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik 1968.
[5] *Steinel, K.*, und *R. Jötten:* Energieelektronik und geregelte elektrische Antriebe. VDE-Buchreihe Bd. 11. West-Berlin: VDE-Verlag 1966.
[6] Firmenschrift: Scheibenläufermotoren Axem-Servalco, Ausgabe d. S.E.A.-Geschäftsstelle, Frankfurt/M.
[7] *Hoffmann, A.*, und *K. Stocker:* Thyristor-Handbuch. Siemens-AG, 2. Aufl. 1965.
[8] Autorenkollektiv: VEM-Handbuch: Die Technik der elektrischen Antriebe, Bd. I. Berlin: VEB Verlag Technik 1963.

msr 3543

Anschrift der Verfasser:

W. Lippmann, Dipl.-Ing., und *M. Bender*, Dipl.-Ing., Zentrallaboratorium für Elektrogeräte, 901 Karl-Marx-Stadt, Bretgasse 2.

Dipl.-Ing. F. ULLMANN, Magdeburg

Gebrauchsdiagramm zur Bestimmung des k_v-Wertes beim Durchströmen von Gas durch Armaturen

IA 3.2.1.4

Einleitung[1])

In ähnlicher Form wie beim Durchfluß von Wasser und Dampf in jedem beliebigen Zustand (Naß-, Heiß- und Sattdampf) durch Armaturen oder andere Drosselstellen kann auch der für Gase in m³/h auf den Einheitsdurchfluß von Wasser bei 5 bis 30 °C umgerechnet werden. Mit Hilfe der errechneten k_v-Werte und den bekannten k_{vs}-Werten einer Baureihe eines bestimmten Armaturentyps ist es möglich, die für den Durchfluß bei Betriebsbedingungen notwendige Nennweite auszuwählen. Zur Bestimmung des k_v-Wertes von Gas und Luft sind verschiedene Näherungsformeln bekanntgeworden, die im folgenden zusammengestellt werden.

[1]) Mitteilung aus dem Institut für Armaturen, Magdeburg.

Tafel. Gebrauchsformeln zur Bestimmung des k_v-Wertes beim Durchsatz von beliebigen Gasen

Nr.	1	2	3	4	5
	Druckgefälle	Gasdurchsatz bei unterkritischem Druckverhältnis p_2/p_1			
1	$p_2 > p_1/2$ $\Delta p < p_1/2$ (unterkritisch)	$k_v = \frac{\dot{Q}_N \sqrt{T_1 \gamma_N}}{513{,}1\, \psi\, p_1}$	$k_v = \frac{\dot{Q}_N}{514} \sqrt{\frac{\gamma_N T}{\Delta p\, p_2}}$	$k_v = \frac{\dot{Q}_N}{364} \sqrt{\frac{\varphi_N T}{\Delta p\, (p_1 + p_2)}}$	$k_v = \frac{19{,}46\, \dot{Q}_N}{\psi\, p_1^*} \sqrt{\frac{T_1}{v_N}}$
		Gasdurchsatz bei überkritischem Druckverhältnis (p_2/p_1) krit.			
2	$p_2 < p_1/2$ $\Delta p > p_1/2$ (überkritisch)	$k_v = \frac{\dot{Q}_N}{248{,}7\, p_1} \sqrt{\frac{T_1}{v_N}}$	$k_v = \frac{2\, \dot{Q}_N \sqrt{\gamma_N T}}{514\, p_1^{**}}$	$k_v = \frac{\dot{Q}_N}{314\, p_1} \sqrt{\varphi_N T}$	$k_v = 40{,}1 \frac{\dot{Q}_N}{p_1^*} \sqrt{\frac{T_1}{v_N}}$

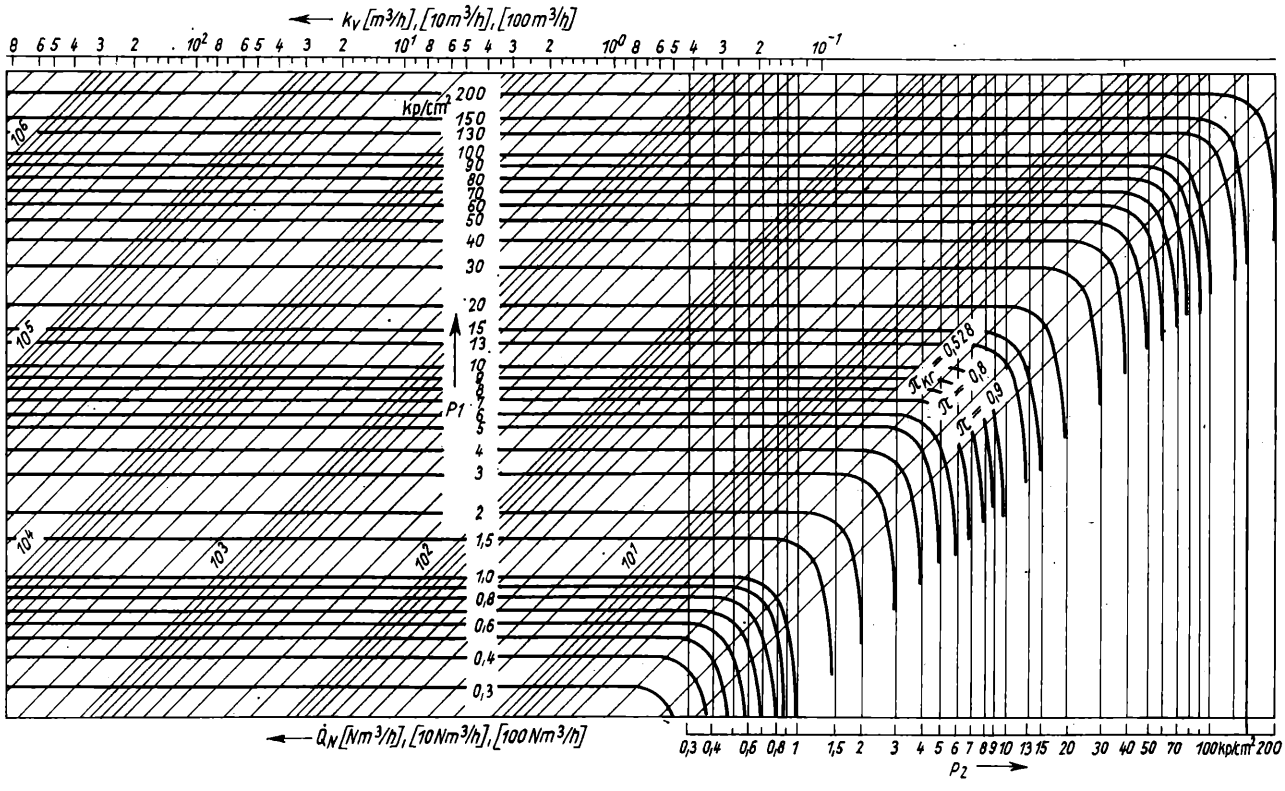


Bild 1. Diagramm zur Bestimmung des k_v-Wertes beim Durchsatz von Luft durch Armaturen und andere Drosselstellen — gültig für 20 °C

Der Durchsatz und der k_v-Wert sind für die Medien Gas und Luft in einem Diagramm dargestellt. Es genügt in den meisten Fällen, den k_v-Wert überschlägig zu ermitteln, damit ihm die nächstliegende Nennweite einer Armatur zugeordnet werden kann.

Bezeichnungen

k_v	[m³/h]	Einheitsdurchfluß von Wasser bei $\Delta p_0 = 1$ kp/cm², $\gamma_0 = 1$ kp/dm³
$\dot{Q}_N$	[Nm³/h]	Durchfluß von Gasen im Normzustand
γ_{NL}		Dichte der Luft bei 20 °C
γ_{NG}		Dichte des Gases bei 20 °C
γ_N	[kp/Nm³]	Dichte von Gas im Normzustand
$\dot{Q}_N^*$		korrigierter Durchsatz
v_N	[Nm³/k$_p$]	spezifisches Volumen von Gas im Normzustand
ϱ_N	[k$_g$/Nm³]	Dichte von Gas im Normzustand
p_1	[k$_p$/cm²]	Druck am Armatureintritt (Vordruck)
p_1^*	[k$_p$/m²]	Druck am Armatureneintritt
p_1^{**}	[k$_p$/cm²]	Druck am Armatureneintritt
p_2	[k$_p$/cm²]	Druck am Armaturenaustritt (Abströmdruck)
Δp	[at]	Druckabfall über der Armatur
T_1, T	[°K]	Temperatur am Armatureneintritt
ψ		Durchflußbeiwert $\psi \sim \sqrt{\frac{\varkappa}{\varkappa - 1} (p_2/p_1)^{2/\varkappa} [1 - (p_2/p_1)^{(\varkappa-1)/\varkappa}}$
$\varkappa$		Adiabotenexponent

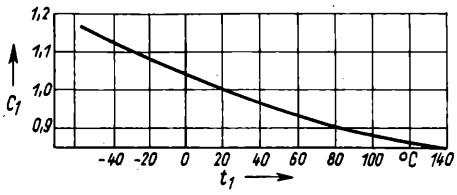


Bild 2. Korrekturfaktor C_1 für die Bestimmung des k_v-Wertes beim Durchsatz von Luft und beliebigen Gasen bei von 20 °C abweichenden Temperaturen

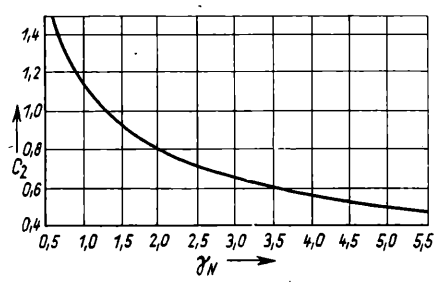


Bild 3. Korrekturfaktor C_2 für die Dichte beim Durchfluß von beliebigen Gasen mit anderer Dichte als Luft

1. Zusammenstellung der für Gas und Luft gültigen Durchflußformeln

Die nach unterschiedlichen Gesichtspunkten und Voraussetzungen abgeleiteten k_v-Wert-Formeln für den Durchsatz von Gas und Luft sind in der Tafel zusammengestellt (Dimensionen s. Abschn. Bezeichnungen).

Diagramm Bild 1 gilt für die Formel nach *K. F. Früh* [1].

$$k_v = \frac{\dot{Q}_N}{514}\sqrt{\frac{\gamma_N\, T}{\Delta p\, p_2}}. \tag{1}$$

Die Formel von *W. Unger* [2]

$$k_v = \frac{\dot{Q}_N}{364}\sqrt{\frac{\zeta_N\, T}{\Delta p\,(p_1 + p_2)}} \tag{2}$$

und die aus der Gasdynamik abgeleitete Formel

$$k_v = \frac{\dot{Q}_N}{513{,}1\,\Psi}\frac{\sqrt{T_1\,\gamma_N}}{p_1} \tag{3}$$

ergeben mit hinreichender Genauigkeit gleiche bzw. ähnliche Ergebnisse und erfüllen demnach die Bedingungen für das Diagramm ebenfalls. Die Abweichungen der mit Hilfe der Formeln (1) bis (3) errechneten k_v-Werte voneinander sind nur geringfügig. Das wird durch die Beispiele im Abschn. 5 bestätigt.

2. Darstellung des Durchflusses in Diagrammform

Das nach Formel (1) aufgestellte Diagramm Bild 1 dient zur Bestimmung des k_v-Wertes beim Durchsatz von Luft bei 20 °C mit den gegebenen Betriebsdaten p_1, p_2, Δp sowie bei vorgegebenem Durchsatz. Bestimmungsbeispiele werden im Abschn. 5 gegeben.

3. Temperaturkorrektur

Für Temperaturen größer oder kleiner 20 °C ist der Korrekturfaktor C_1 nach Diagramm Bild 2 zu verwenden. Er ergibt sich aus der Formel (1) (2) oder (3)

$$\dot{Q}_N = 514\,[k_v\sqrt{\Delta p\, p_2}/\sqrt{T_1\,\gamma_N}]\,[\sqrt{T_1}/\sqrt{T}] \tag{4}$$

$$\dot{Q}_N = 513{,}1\,\Psi\, k_v\,[p_1/\sqrt{T_1\,\gamma_N}]\,[\sqrt{T_1}/\sqrt{T}] \tag{5}$$

zu

$$C_1 = \sqrt{T_1/T} \tag{6}$$

$$T_1 = 273 + 20 = 293\ °\mathrm{K}$$

$$T \lesseqgtr T_1\,.$$

4. Korrektur von Luft auf andere Gase

Das Diagramm Bild 1 ist für andere Gase als Luft verwendbar, wenn mit der Dichte korrigiert wird. Der Korrekturfaktor ergibt sich aus einer der Formeln (1) bis (3) wie folgt:

$$\dot{Q}_N = 514\,k_v\sqrt{\frac{\Delta p\, p_2}{T_1\,\gamma_{NL}}}\sqrt{\gamma_{NL}/\gamma_{NG}} \tag{7}$$

zu

$$C_2 = \sqrt{\gamma_{NL}/\gamma_{NG}}\,. \tag{8}$$

Der korrigierte Durchsatz ergibt sich zu:

$$\dot{Q}_N^{*} = \dot{Q}_N/(C_1\,C_2)\,. \tag{9}$$

5. Anwendungsbeispiele

Beispiel 1

gegeben: Durchströmmedium Luft, Durchsatzmenge 5000 m³/h,
$t_1 = 100$ °C, $p_1 = 10$ ata,
$p_2 = 8$ ata

gesucht: k_v-Wert

Lösung: nach Formel (1)

$$k_v = \frac{5000}{514}\sqrt{\frac{1{,}23\cdot 373}{2\cdot 8}} = 51\ \mathrm{m^3/h}$$

nach Formel (2)

$$k_v = \frac{5000}{364}\sqrt{\frac{1{,}23\cdot 373}{2\cdot 18}} = 48{,}9\ \mathrm{m^3/h}$$

nach Formel (3)

$$k_v = \frac{5000}{4520\cdot 0{,}45}\sqrt{373} = 47{,}0$$

nach Diagramm Bild 1

$k_v = 51$ m³/h.

Beispiel 2

gegeben: Durchströmmedium CO_2 ($\gamma_N = 1{,}976$ kp/Nm³),
$\dot{Q}_N = 2000$ Nm³/h, $t_1 = 90$ °C
$p_1 = 20$ ata, $p_2 = 16$ ata

gesucht: k_v-Wert

Lösung: nach Diagramm Bild 2 wird $C_1 = 0{,}9$
nach Diagramm Bild 3 wird $C_2 = 0{,}8$
$\dot{Q}_N = 2000/(0{,}9\cdot 0{,}8) = 2700$ Nm³/h
nach Diagramm Bild 1 $k_v = 13$ m³/h.

Literatur

[1] *Früh, K.F.:* Bemessung von Regelventilen. Regelungstechnische Praxis 1 (1959) H. 1, S. 37–39.
[2] *Unger, W.:* Einheitsbaureihe bei Stellventilen und Stellantrieben. Technische Information Armaturen 2 (1967) H. 1, S. 19–24.

msr 3209

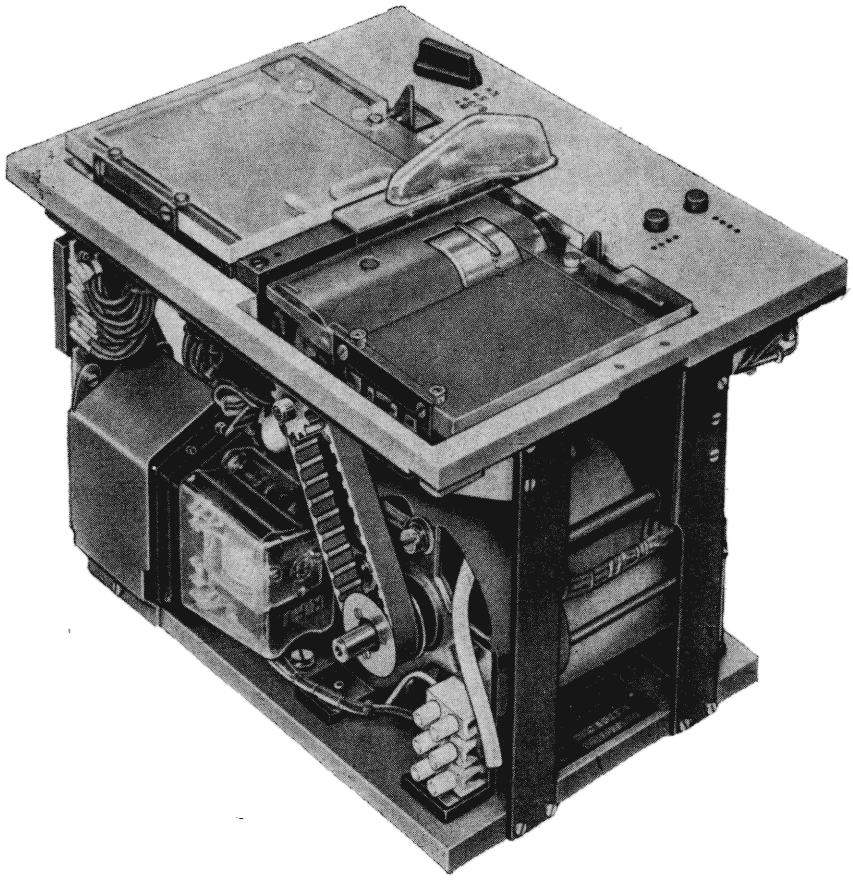
Anschrift des Verfassers:
F. Ullmann, Dipl.-Ing., Institut für Armaturen, 301 Magdeburg, Cogni-Str. 1.

WIR STELLEN VOR – WIR BIETEN AN!

CELLATRON

LOCHBANDSTANZER

C 8021



Überall, wo es gilt, Informationen in ein Lochband schnell und sicher zu übertragen, ist der Lochbandstanzer Cellatron C 8021 das geeignete Hilfsmittel. Flexible Anschlußmöglichkeiten und beliebige Codierung bilden die Voraussetzung für einen universellen Einsatz.

Lochbandstanzer Cellatron C 8021 können angeschlossen werden an:

— Datenerfassungsgeräte aller Art aus der Büromaschinenindustrie

— Meß- und Wägegeräte

— Programmiergeräte für numerisch gesteuerte Anlagen

— Datenfernübertragungs- und Fernschreibeinrichtungen

— kleinere und mittlere Datenverarbeitungsanlagen

VEB KOMBINAT ZENTRONIK

Rechenelektronik Meiningen – Sitz Zella-Mehlis

606 Zella-Mehlis

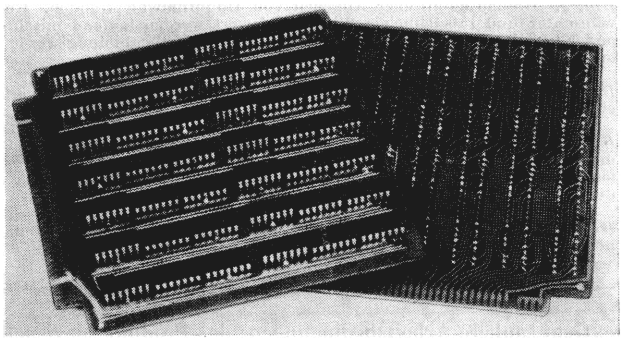


Bild 1. Doppelseitige gedruckte Schaltung mit hintereinandergeschalteten dualen Baugliedern. Jedes Bauglied enthält zwei Flip-Flops oder vier NOR-Schaltungen mit je zwei Eingängen.
(Die Verbindung zwischen beiden Seiten wird durch die Bauelement zuführungen hergestellt, beiderseitig gelötet)

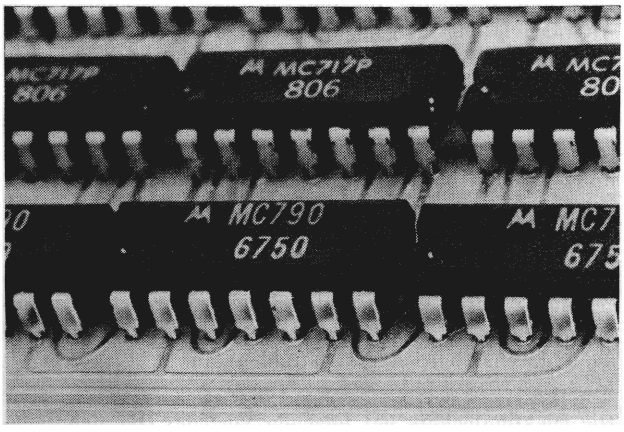


Bild 2. Die Verbindung zwischen beiden Seiten erfolgt über eine durchgehende Kaschierung (der innere Rand eines Loches besitzt einen Metallüberzug; nur einseitig gelötet). Der Entwurf für eine minimale Anzahl durchgehender Löcher ist schwierig.

2. Die Endkontrolle stellt einen Meßvorgang dar.
3. Die Entwurfsziele selbst sind meistens Erweiterungen von Meßinstrumenten.

1. Montagetechnologie

Neben dem teuren monolithischen Verfahren sind drei Technologien verfügbar: gedruckte Schaltungen, Dünn- und Dickfilmtechnik.

Gedruckte Schaltungen gehen von einer gewöhnlich doppelseitig verkupferten Kunststoffschicht aus (Bild 1). Ein ökonomisches Fotoätzverfahren erzeugt das Leitermuster. Die Leitfähigkeit ist gut, die Schaltkapazität niedrig, der Werkstoff läßt sich spanabhebend bearbeiten. Widerstände, Kondensatoren, Halbleiter und integrierte Schaltungen werden als diskrete Bauteile eingefügt und angelötet. Der große Vorteil besteht in der Einfachheit der erforderlichen Ausrüstung. Jedoch gibt es auch Nachteile:

Die Gefahr des Unterätzens (Fehler im Grundwerkstoff), von Haarrissen (Flexibilität des Grundwerkstoffs) und Haarbrücken (unsauberer Grundwerkstoff) besteht. Eine wesentlichere Schwierigkeit ist die Verbindung zwischen zwei Leiterplattenschichten (Bilder 2 und 3). Durchgehendes Kaschieren ist ein empfindlicher und unzuverlässiger Vorgang (Mehrfachschichten in Form gedruckter Schaltungen sind wegen der staubfreien Produktionsbedingungen in der Herstellung sehr teuer). Gewöhnlich wirken die Bauelementzuführungen als Verbindungen zwischen beiden Seiten. Dies führt zu einem zeitaufwendigen Entwurf der Schaltungsanordnung. In einigen Fällen ist die einheitliche Dicke der Leiterschicht (50 µm) ein Nachteil, da für die Anschlüsse der Stromversorgung oft eine stärkere Leitung erforderlich ist. Schließlich kann die Isolierschicht hohen Temperaturen nicht widerstehen.

Die Dünnfilmtechnik besitzt den Vorteil, daß sowohl Widerstände als auch Kondensatoren hergestellt werden können. Halbleiter und integrierte Schaltungen werden in Span- oder Würfelform hinzugefügt (Bild 4). Die spanförmigen Bauelemente sind weder billiger noch zuverlässiger als die kapselförmigen, aber ihre Größe entspricht eher den Abmessungen einer Dünnfilmschaltung. Widerstandsfilme (1 µm) werden metallisch aufgedampft oder aufgesprüht. Dabei werden ein sehr niedriger Temperaturkoeffizient und eine Reproduzierbarkeit von 1% erreicht. Ein nachträgliches Abgleichen führt zu Genauigkeiten zwischen 0,1% und 0,01‰. Dieser Abgleich wird durch eine geregelte Funkenerosion realisiert (Bilder 5 und 6).

Ein wesentlicher Nachteil des Aufdampfprozesses besteht darin, daß der Grundwerkstoff die Bestandteile der Schicht nicht vollständig bestimmt. Der Vorgang ist außerdem sehr zeitaufwendig: Reinigen, Aufdampfen, Ätzen und Altern (je Schicht).

Die Vakuumtechnologie ist eine teure Investition. Andere Nachteile sind die geringe Größe der Schaltung (erfordert

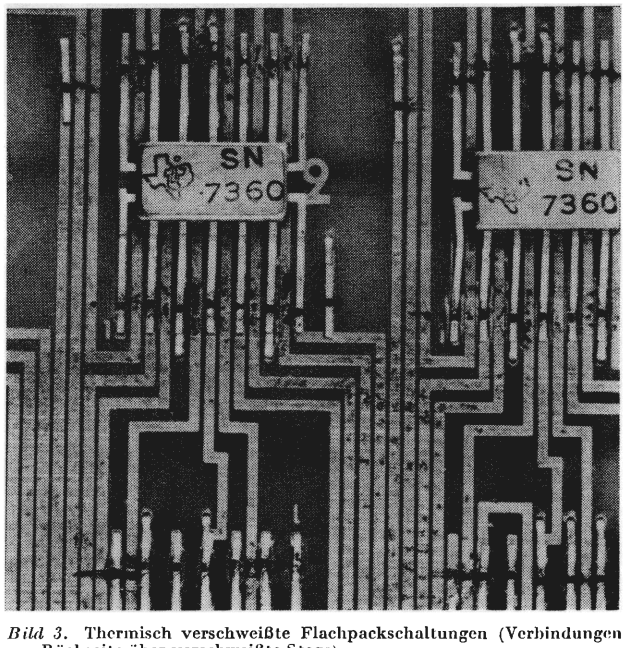


Bild 3. Thermisch verschweißte Flachpackschaltungen (Verbindungen zur Rückseite über verschweißte Stege)

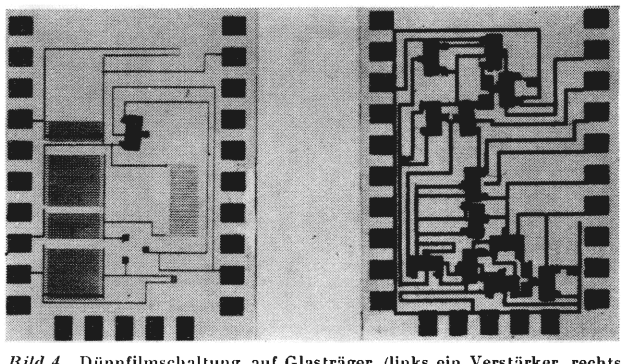
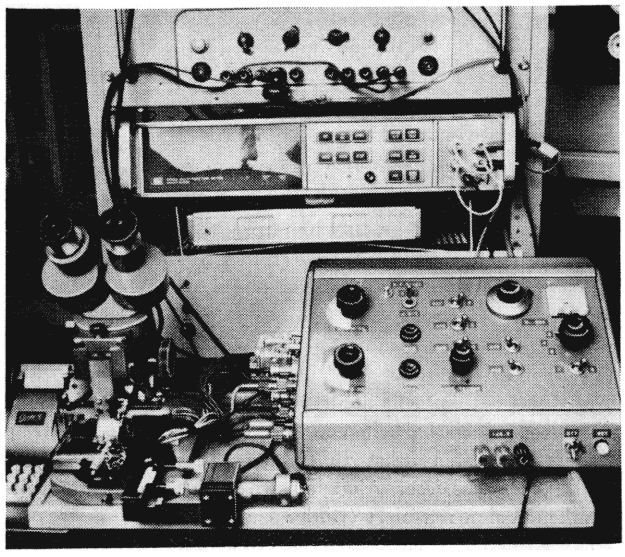
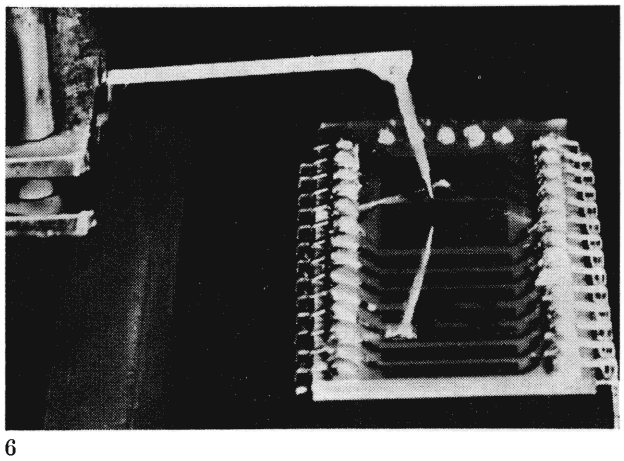


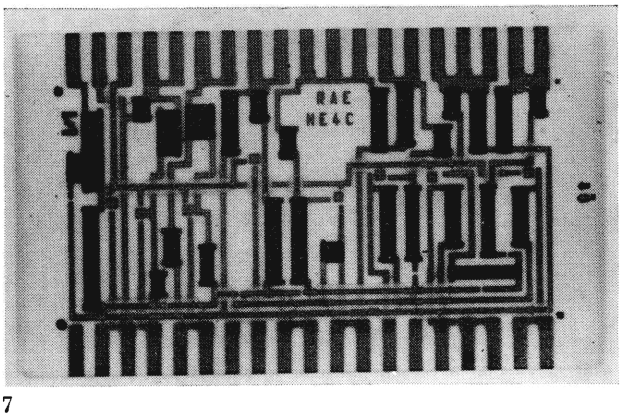
Bild 4. Dünnfilmschaltung auf Glasträger (links ein Verstärker, rechts ein Gyrator). Diese Schaltungen bestehen aus Leiter- und Widerstandsmustern und akustisch geschirmten Halbleiterflachschaltungen



5



6



7

8

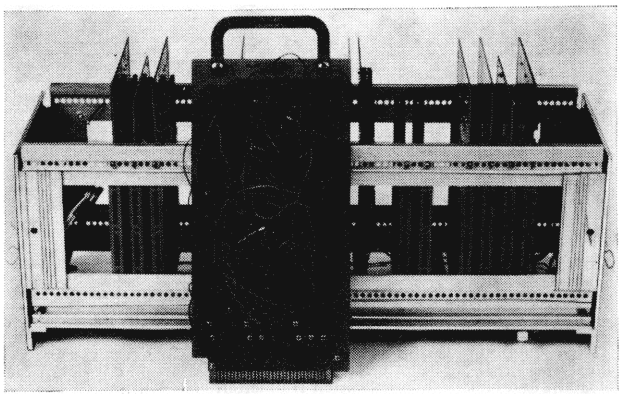


Bild 5. Halbautomatischer Abgleich von Dünnfilmwiderständen. Gewünschter und tatsächlicher Widerstandswert werden laufend miteinander verglichen. Automatischer Vorschub und Funkenbildung werden auf Befehl des Nullindikators gestoppt.

Bild 6. Detail der Funkenelektrode, die auf ein Dünnfilmleiternetzwerk einwirkt

Bild 7. Auf keramischen Träger aufgestrichene Dickfilmschaltung (die dunklen Stellen sind Widerstände). Die Leitungskreuzungen sind zuverlässig und erlauben damit einfache Strategien für den mittels Rechner durchgeführten Entwurf des Verbindungsmusters

Bild 8. Brettschaltungsentwurf einer Funktionseinheit, der manchmal nötig ist, um die parasitären Schaltungseigenschaften abzuschätzen

extrem saubere Arbeitsbedingungen; das Produkt ist visuell schwer zu prüfen; empfindliche Anschlußtechnik an andere Schaltungen) sowie die schwierige mechanische Bearbeitung des Grundwerkstoffs (Glas läßt sich schwer bohren). Der Dünnfilmprozeß liefert genaue Resultate, ist aber zu kompliziert und aufwendig für die Einzelgerätefertigung. Eine Alternativlösung für genaue Widerstandsmuster bei Einzelgeräten könnte eine direkte Funkenerosion auf kommerziell verfügbaren Dünnfilmschichten sein.

Die Dickfilmtechnologie geht von keramischem Grundwerkstoff aus. Leiter, Widerstände und Kondensatoren werden durch einen Siebdruck mit Spezialpasten hergestellt.

Die Filmdicke beträgt 50 µm. Die Schaltung wird in mehreren Schichten aufgestrichen (mit einer Zwischentrockenperiode von 10 min) und danach bei hohen Temperaturen gebrannt. Leiter, Widerstände usw. haben ihre eigene Brenntemperatur. Die Reproduzierbarkeit beträgt etwa 10% und kann durch Abgleich (Sandstrahlen) auf 0,1% verringert werden.

Die Dickfilmtechnik hat folgende Vorteile: Die Siebdrucktechnik ist bereits mechanisiert und verlangt keine hochqualifizierte Arbeit. Die Leiterschichten können in verschiedenen Dicken hergestellt werden (getrennte Energieversorgungsschichten). Leitungskreuzungen können realisiert werden, was für einen Entwurf durch Rechner wichtig ist. Die Größe der Schaltung erlaubt eine visuelle Prüfung (Bild 7). Werkstoffträger und Filme sind fest miteinander verbunden. Hohe Temperaturen sind zulässig. Beide Seiten des Werkstoffträgers können für eine Funktionseinheit benutzt werden. Es gibt ausreichend Raum für Schaltungshinweise und Bezeichnungen, die mit dem gleichen Aufstreichverfahren hinzugefügt werden können.

Folgende Nachteile sind mit der Dickfilmtechnik verbunden: Die erforderliche Ausrüstung ist kostspieliger als die bei gedruckten Schaltungen. Eine mechanisierte Druckmaschine kostet 3000,— $, ein programmierter Ofen etwa 1000,— bis 5000,— $ (die Kosten für Filmträger und Pasten sind gering). Leiterwiderstand und Schaltkapazität können nicht vernachlässigt werden. Nachträgliches Bohren oder andere mechanische Bearbeitung sind schwieriger auszuführen als bei gedruckten Schaltungen.

Ein wichtiger Grund für die Beurteilung der relativen Vorzüge der o. g. Technik ist ihre Anpassungsfähigkeit an automatische Entwurfsverfahren. Der automatische Entwurf von Leitermustern stellt einen wesentlichen Schritt für die Beschleunigung der Produktion von Einzelgeräten dar. Aus diesem Grund bildet die Dickfilmtechnik einen guten Kompromiß zwischen Aufwand und Nutzen, d. h. Höhe der Investitionen und Arbeitsproduktivität.

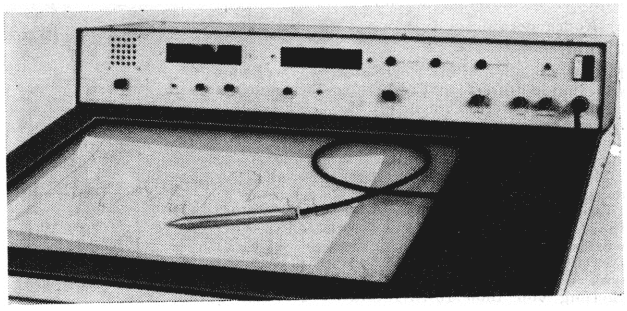
2. Entwurf der Schaltungsanordnung mittels Rechner

Das Verdrahtungsmuster wird mit Hilfe von 3 Vorrichtungen erzeugt:

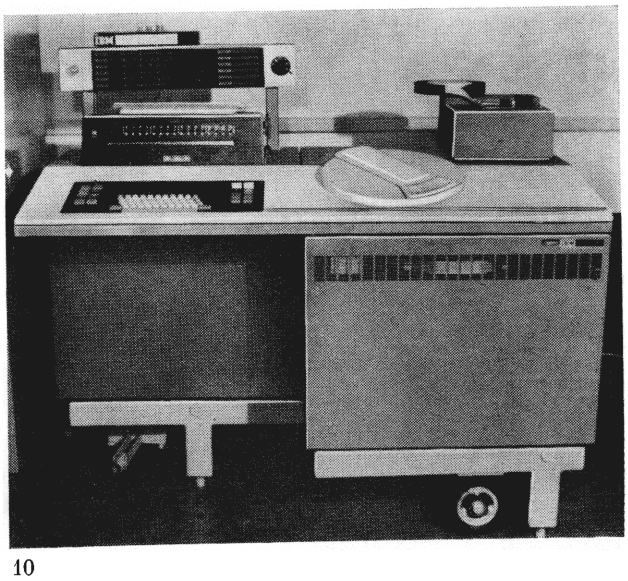
Bild 9. Grafische Eingabetafel zur Identifizierung der Bauelemente und Angabe der gewünschten Verbindungen

Bild 10. IBM-Rechner 1130 mit austauschbarem Plattenspeicher. Die beschriebene Art des rechnergestützten Entwurfs kann mit einem Kleinrechner ausgeführt werden

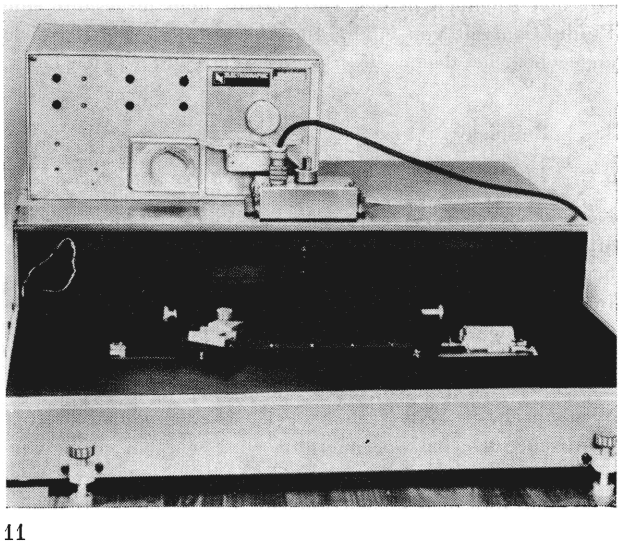
Bild 11. Numerisch gesteuerter Projektionstisch zur Herstellung von naturgetreuen fotografischen Negativen für jede Schaltungsschicht



9



10



11

a) Durch eine grafische Eingabetafel zur Übertragung der logischen Schaltung in den Rechner.

b) Durch einen Rechner zur Berechnung des Verdrahtungsmusters.

c) Durch einen numerisch gesteuerten xy-Tisch mit Projektionskopf zur Herstellung fotografischer Masken für die Siebe.

Der Entwurf eines Gerätes beginnt mit dessen Einteilung in Funktionseinheiten. Eine Funktionseinheit ist gekennzeichnet durch eine minimale Anzahl von Verbindungen zu anderen Funktionseinheiten bei einer Beschränkung auf eine begrenzte Anzahl von Bauelementen (z. B. 30).

Der Entwurfsingenieur hat ein logisches Schema von jeder Funktionseinheit entwickelt, die aus Torschaltungen, Flip-Flops usw. besteht. In einigen Fällen kann ein provisorischer Brettschaltungsentwurf gewisser Funktionseinheiten nützlich sein (Bild 8). In dem provisorisch entworfenen Schema können die Bauelemente leicht gruppiert und numeriert werden. Auf der grafischen Eingabetafel [2] werden die Torschaltungen und Flip-Flops identifiziert. Die gewünschten Verbindungen werden mit Tafelschreibstift angegeben und bezeichnet (Bild 9).

Die Identifizierung ermöglicht es dem Rechner, die Bauelemente auf dem Rand des Verbindungsmusters anzuordnen, wodurch der Algorithmus für die Verbindungen zu einem systematischen Verfahren wird.

Die angegebenen Verbindungen werden in horizontale und vertikale Leitermuster aufgelöst, die durch Isolierschichten voneinander getrennt sind. Der Rechner (Bild 10) erzeugt die Daten für mehrere Schichten.

Versorgungs- und Starkstromleiter horizontal, Isolierschicht, Versorgungs- und Starkstromleiter vertikal, Isolierschicht, andere Verbindungen horizontal, Isolierschicht, andere Verbindungen vertikal, Isolierschicht und schließlich ein Identifikationsschema mit Bauelementesymbolen und -hinweisen.

Wenn die Eingabetafel eine Lochstreifenausgabe besitzt, kann die Umsetzung in einen Lochstreifen für den Zeichentisch off-line ausgeführt werden. Ein mit Fernschreibgeschwindigkeit arbeitender Fernanschluß an einen Rechner ist ausreichend für die gewünschten Berechnungen.

Der xy-Koordinatentisch besteht aus einem durch einen Schrittmotor getriebenen Bett mit einem Projektionskopf für Linien verschiedener Dicke, Kreise, Inseln und alphanumerische Zeichen (Bild 11). Die Größe des Bettes beträgt 10″ × 8″ bei einer Teilung von 50 µm. Die Geschwindigkeit beträgt 100 Schritte/s.

Das in der Tafel dargestellte Schema gibt, ausgehend von einem Plan der Funktionseinheiten, die Zeit für die Herstellung eines Geräteteiles wieder.

Tafel. Produktionsschritte nach dem funktionellen Entwurf der vollständigen Einrichtung und der Aufbereitung der Forderungen

Zeichnen des logischen Diagramms einer Einheit	3 h
Identifikation der Bauelemente und Eingabe der Verbindungen in den Rechner (einschließlich der Berechnungen)	1 h
Projektion der Negative mit dem xy-Tisch	0,5 h
Vorbereitung der Siebe	1 h
Reinigung des Trägers und Vorbereitung der Druckmaschine	0,5 h
Auftragen der sechs Schichten einschließlich Trocknen	1,5 h
Brennen	1 h
Einlöten der Bauelemente	1 h

grafisch abgenommen und danach in ein Leistungsdichtespektrum überführt.

3.2. *Korrelator für Niederfrequenzanwendungen*

Direkte Korrelatoren zur gleichzeitigen Messung von 100 Punkten einer Korrelationsfunktion bei 2-MHz-Taktfrequenz sind kommerziell erhältlich [4]. Die Beschränkungen dieser Geräte bestehen in der Korrelationslänge und der zulässigen Integrationszeit. Eine ökonomische Lösung zur Überwindung dieser Grenzen benutzt akustische Verzögerungsleitungen zur vorübergehenden Speicherung beider Signale. Unbegrenzte Integrationszeit und Verschiebungen über 1000 Punkte können erreicht werden. Die höchste Signalabtastfrequenz in einem solchen Korrelator beträgt etwa 10 kHz.

Die Funktionseinheiten, die in diesem Gerät unterschieden werden können, sind im Bild 12 dargestellt.

Die Kosten der Bauelemente belaufen sich auf etwa 1200,— $.

Zusammenfassung

Dickfilmtechnologie empfiehlt sich für Leiterplattenmuster von elektronischen Einzelgeräten. Vernünftige Investitionen und die Anwendung von auf Rechnern aufgebauten Entwurfsmethoden für die Auslegung der Schaltungen gestatten eine schnelle Entwicklung. Das Entwurfsverfahren mit grafischer Eingabetafel, Rechner und numerisch gesteuertem Projektionskopf wurde skizziert. Zwei Beispiele von neuen Instrumenten, für die die genannten Gesichtspunkte zutreffen, wurden vorgestellt: ein Kettenkodegenerator mit geregelter Zeitverschiebung und ein 1000-Punkte-Korrelator.

Literatur

[1] *Veltman, B. P. Th.:* A computing facility for experimental physics. IMEKO-Symposium, Pezinok/ČSSR 1969.
[2] *Totani, T.:* An economic and accurate xy-tablet and stylus for the digital conversion of graphic data. IMEKO-Symposium, Pezinok/ČSSR 1969.
[3] *Nikiforuk, P. N.,* and *N. M. Gupta:* A bibliography on the properties, generation and control system application of shift-register sequences. Int. J. Control 9 (1969) pp. 217–234.
[4] *Anderson, G.,* and *M. Perry:* A calibrated real-time correlator/averager/probability analyzer. Hewlett-Packard Journal (1969) November.

msr 3514

Anschrift des Verfassers:

B. P. Th. Veltman, Prof. ir., Delft Technological University, Cooperation Centre for Measurement and Control, Delft/Niederlande, Lorenzweg 1.

H.-J. BARTSCH

Baugruppensysteme und Anwendungen numerischer Steuerungen

IA 5.6.2.1

Einleitung[1])

Während der Ursprungsgedanke zur Entwicklung numerischer Steuerungen (NC) in der Bearbeitungsmöglichkeit komplizierter räumlicher Werkstückformen überhaupt lag, bildete sich die NC bald zum Automatisierungsmittel für Klein- und Mittelserienfertigung in der metallverarbeitenden Industrie heraus, stellte demnach den Anschluß zum konventionellen Automaten für Großserienerzeugnisse her.

In der Automatisierungshierarchie stößt die numerisch gesteuerte Maschine (NCM) in die Steuerungs- und Regelungsebene vor, in der zeitlich unsynchronisiert mit anderen Prozessen eine Einzelmaschine off-line gesteuert wird und für sich selbst existent ist. Das Teilsystem läuft nach einem extern vom Technologen scheinbar optimal festgelegten Programm ab, Änderungen bedürfen einer Neuprogrammierung.

Numerische Steuerungen sind festverdrahtete Prozeßrechner für einen diskontinuierlichen Prozeß, und es liegt nahe, eine Verschmelzung von EDVA und NC vorauszusagen, die in einem Miteinander von Prozeßrechner und angepaßter NC bestehen wird. Zum Gesamtsystem „Numerik" als übergeordnetes System gehört neben dem Prozeß selbst die Programmaufstellung und -kontrolle, Meßtechnik, numerische Steuerung mit Anpaß- und Leistungsteil einschließlich Antrieb bis zur Werkstückkontrolle und -voreinstellung. Trotz dieses erheblichen Aufwandes weisen die Nutzensanteile Produktivitätssteigerung, Maschinenausnutzung, Wiederholgenauigkeit, Einsparung von Modellen, Lehren, Vorrichtungen, optimale Lagerhaltung, Flexibilität und nicht zuletzt ordnender Katalysator in der Technologie das positive Ergebnis bei NCM aus.

1. Innere Strukturen

Die beiden Hauptrichtungen der inneren Verarbeitung der Weginformationen — zählende Arbeitsweise (inkremental) und rechnende Arbeitsweise (absolut) — werden von den Meßwertgebern und der Vermaßungsart festgelegt. Die inkrementelle Arbeitsweise verzichtet auf eine Reproduzierbarkeit der Ist-Position bei einer Unterbrechung des Informationsflusses, wobei auch fehlerhafte Eingangsinformationen irreversible Positionierfehler hervorrufen. Korrekturen über Nullimpulse mindern die Fehlerwahrscheinlichkeit.

Voraussetzung für inkrementelle Strukturen sind somit Zuverlässigkeit und Störsicherheit der Elektronik und Meß-

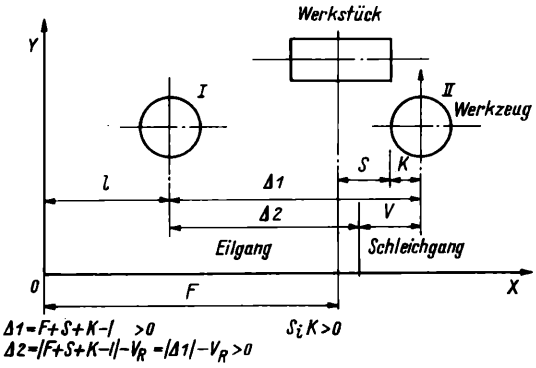


Bild 1. Berechnung der Verfahrwege

[1]) Nach einem Vortrag, der auf dem 5. Wissenschaftlichen Kongreß der KDT — der am 25. und 26. Februar 1970 in Leipzig stattfand — gehalten wurde.
Mitteilung aus dem VEB Starkstrom-Anlagenbau, Karl-Marx-Stadt.

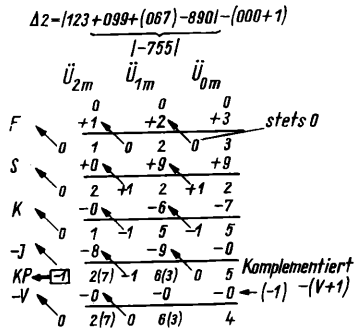
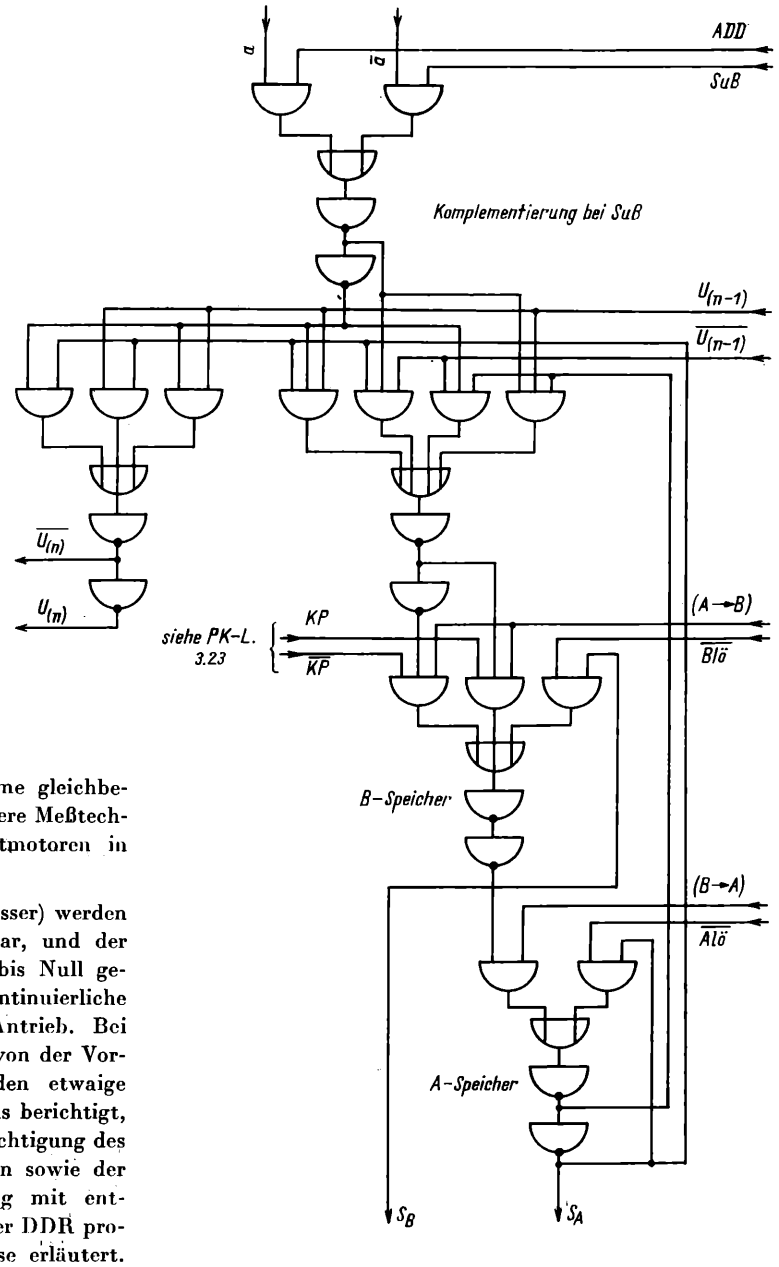


Bild 2. BNC 3, Rechenzyklus
$F = 123$; $S = +099$; $K = -067$;
$I = 890$; $V = 008$

Bild 3. BNC 3, Dualaddierer

Funktion	Symbol
A-Speicher löschen	$\overline{Alö}$
A-Speicher einschr.	$(B \rightarrow A)$
B-Speicher löschen	$\overline{Blö}$
B-Speicher einschr.	$(A \rightarrow B)$
Addition	*ADD*
Subtraktion	*SuB*



kanäle. Ihre Beherrschung stellt diese Systeme gleichberechtigt neben die absoluten, wobei die einfachere Meßtechnik vorteilhaft und der Einsatz von Schrittmotoren in offener Kette möglich ist.

Sollwertkorrekturen (Werkzeuglänge, -durchmesser) werden bequem durch Zählerbeaufschlagung realisierbar, und der Positioniervorgang wird durch Herauszählen bis Null gesteuert. Bei Bahnsteuerungen bildet der kontinuierliche Soll-Ist-Vergleich die Eingangsgröße für den Antrieb. Bei der absoluten Arbeitsweise mit kodierten und von der Vorgeschichte unabhängigen Lageistwerten werden etwaige Fehlinformationen beim nächsten Abfragezyklus berichtigt, ohne den Fehler zu verschleppen. Die Berücksichtigung des reproduzierbaren Nullpunktes, der Korrekturen sowie der Vorabschaltwerte verlangt deren Verrechnung mit entsprechend höherem Aufwand. Anhand der in der DDR produzierten BNC 3-Steuerung (Bild 1) seien diese erläutert. Die zu berechnende Gleichung lautet:

$$\Delta 2 = |F + S + K - I| - V_R = |\Delta 1| - V_R .$$

F Festwert (Nullpunkt), S Sollwert, K Korrekturwert, I Istwert, V_R Vorabschaltwert.

Aus dem Vorzeichen von $\Delta 1$ wird die Verfahrrichtung ermittelt, indem

$\Delta 1 > 0$ Verfahren nach höheren Werten
$\Delta 1 < 0$ Verfahren nach niedrigen Werten
$\Delta 1 = 0$ Hauptkoinzidenz erreicht

ausgewertet wird.

Auch bei der Errechnung der Vorschubgeschwindigkeiten durch Variation der Vorabschaltwerte V_k genügt die Kenntnis des Vorzeichens.

Die Beschränkung auf das Vorzeichen senkt den Materialaufwand, da keine Speicherung der Ergebnisse, sondern nur eine Auswertung des letzten Übertrags nötig ist.

Die gewählte serienparallele Struktur ergab gegenüber paralleler Arbeitsweise mit time-sharing der Achsen eine kostengünstigere Lösung, wobei keine Reduzierung der Verfügbarkeit des Systems eintritt, da auch bei paralleler Arbeitsweise der Ausfall eines Kanals zum Gesamtausfall führt.

Obige Ungleichungen werden mittels Ein-Tetradenrechner (4 Volladder + Übertragsspeicher) gelöst, wobei alle 5 Werte einer Dekade seriell verrechnet werden, ehe die nächsthöhere Dekade unter Berücksichtigung etwaiger Überträge gleichermaßen behandelt wird (Bild 2).

Jede Einzeladdition wird in 4 Schritten = Takten ausgeführt und benötigt dazu wegen der Taktfrequenz von 30 kHz $4 \cdot 33$ µs einschließlich der notwendigen Korrekturen. Die Gesamtzahl der für die Errechnung von $\Delta 2$ notwendigen Takte beträgt 160.

Bei 2 Achsen erfolgt die Rechnung im Time-sharing-Betrieb, so daß alle $2 \cdot 5{,}28 = 10{,}56$ ms für jede gleichzeitig verfahrene Achse eine Ergebnis vorliegt. Zum Erreichen maximaler Sicherheit werden die 2×160 Takte verdoppelt, d. h. alle 640 Takte besteht die Möglichkeit der Ausgabe der Vorschubbefehle. Durch diese Maßnahme wird eine Variation der Vorabschaltwerte um den jeweiligen Istbereich erzielt, womit einmalige Fehlverrechnungen ohne Einfluß auf den richtigen Vorschubwert bleiben. Die Folgerung aus der

seriellen Verarbeitung der Tetraden ist, daß beim Eilgang von 6 m/min die jeweilige Achse im ungünstigsten Fall nahezu 2,12 mm blind fährt, ehe das Überschreiten einer Vorkoinzidenzschwelle zur Informationsweitergabe führt. Daher ist ein gestuftes Vermindern der Geschwindigkeit nötig, wobei das Minimum an Einfahrzeit dann erreicht wird, wenn die Zwischengeschwindigkeiten eine geometrische Reihe ergeben.

Den Aufwand an logischen Grundfunktionen für ein Volladder einschließlich der Komplementbildung zeigt Bild 3, bei dem die Größen a, S_A und $\ddot{U}_{n-1}$ in 4 Takten addiert werden. Bei gefülltem Korrekturspeicher wird über die Eingänge $\ddot{U}_{n-1}$ die ± 6 eingegeben und verrechnet, ohne Korrektur laufen diese Takte mit ± 0 als „Korrekturwert" ebenfalls ab, ohne das Ergebnis zu verändern.

Der unvermeidlichen Redundanz bei tetradischer Arbeitsweise steht recht vorteilhaft gegenüber, daß keine Kodewandlung vorzunehmen ist, da die Lochstreifeninformation und die Istwerte ebenfalls tetradisch angeboten werden.

2. Anwendung von NC

Einer Statistik im American machinist entnimmt man, daß von den 14259 NC im Jahr 1968 in den USA 96% an spanenden WZM, 3% an Stanzen und Formmaschinen, 1% an Brennschneidmaschinen, Meßmaschinen, Schweißmaschinen usw. im Einsatz waren, wobei von den produzierten Werkzeugmaschinen folgende Anteile numerisch gesteuert waren: 100% Vielfunktionsmaschinen, 16% Horizontalbohrwerke, 10% Vertikal–Drehmaschinen und Ausbohrmaschinen, 10% Profilfräsmaschinen, 9% Revolverkopfbohrmaschinen und 8% Lehrenbohrmaschinen.

Nicht oder wenig erschlossene Anwendungsgebiete sind Brennschneidmaschinen, Schweißmaschinen, Zeichenmaschinen, Wägetechnik, Lagerwesen, Montageprozesse usw.

3. Informationseingänge und -ausgänge

Zwischen EDVA bzw. Programmierplatz überträgt der Steuerlochstreifen off-line die geometrischen und technologischen Vorgabeinformationen, wobei das Übergabegesetz der vereinbarte Kode ist. Im On-line-Betrieb entfällt lediglich das Zwischenmedium Lochstreifen, er stellt unter Beibehaltung der Systemstruktur keine neue Qualität dar.

Aus dem Prozeß benötigt die NC zwei Arten von Informationen:

- Rückmeldungen aus dem Leistungsteil bzw. Prozeß über Stellung von Maschinenteilen (z. B. Endstellungen, Revolverkopf), Betriebsbereitschaft (z. B. Öldruck), Zahl der Gewindegänge, Drehzahl u. v. a. m.
- Meldung über den Lage-Istwert.

Die Meßgeräte erfassen den Lage-Istwert absolut bzw. inkrementell, zwischen beiden ist das bekannte Inductosyn einzuordnen, das innerhalb 2 mm absolut und bezüglich der 2-mm-Teilung inkrementell arbeitet.

Absoluten Gebern sind wegen des hohen Informationsvolumens Grenzen der Auflösung gesetzt (besonders bei direkter Methode), selbst bei Inkrementalgebern wird die asolute Genauigkeit durch Stichelabnutzung beeinflußt.

Der z. Z. angebotene Inkrementalmaßstab mit 2-µm-Feldbreite, d. h. 0,5 µm Auflösung bei elektrischer Vervierfachung, stellt offensichtlich die wirtschaftliche Grenze dar, bei der neue Meßverfahren auf Laserbasis einsetzen werden.

Die getakette Ausführung am DDR-Meßsystem WMS 10^6 reduziert den Verstärkeraufwand auf 1/6, erfordert zusätzliche Tetradenaufrufe und bedingt das Abspeichern des 2^0 Aufrufes der höheren Dekade, um die V-Abtastung sicher arbeiten zu lassen.

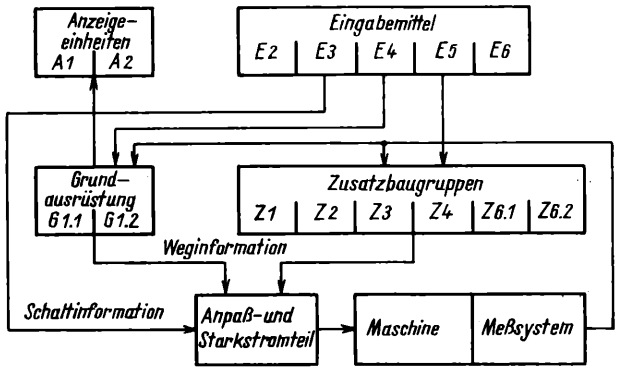


Bild 4. BNC 3, Wirkungsschema

4. Arten der NC mit festverdrahteter Logik

Die Positionsanzeigen stellen digitalisierte, elektronische Meßeinrichtungen dar, die den Bedienenden von mühsamer Ablesung der erreichten Position bei Handbedienung befreien. Wegen des relativ hohen Anteils der Meßsysteme am Gesamtpreis zeichnet sich für Anzeigen eine inkrementell Lösung ab, die beliebige Nullpunktwahl durch Nullsetzen des Zählers und Voreinstellung auf jeden gewünschten Positionswert gestattet, wodurch Kettenmaße beim Positionieren gegen Null herausgezählt werden. Zur Vervollkommnung des Komforts können auch Korrekturen als Zählvorgänge im Vorwärts/Rückwärts-Zähler ausgeführt werden. Da der Zähler beim Voreinstellen keine Impulse vom Meßsystem empfangen kann, ist diesem Zeitraum besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Die Quadrantenumschaltung mit Vorzeichenwechsel entspricht dem Standard.

Die Positionsanzeige wird zur unteren Ausbaustufe einer Positioniersteuerung mit Handeingabe, wenn die zu gewinnenden Vorabschaltwerte an die Maschinenelektrik gemeldet und dort zur Beeinflussung der Vorschubgeschwindigkeiten genutzt werden.

Obwohl auf dem internationalen Markt eine Verschiebung des Anteils der Bahnsteuerungen auf Kosten der Punkt- und Streckensteuerungen (P/S) verzeichnet wird, werden doch P/S-Steuerungen für viele Anwendungsfälle volle Berechtigung behalten (Bohrwerke, Fräsmaschinen, diverse Positioniervorgänge.) Man verlangt heute von der P/S-Steuerung eine in Baugruppen gestaltete und aufrüstbare Systemlösung. Obwohl für den Automatikbetrieb eine Anzeigebaugruppe nicht notwendig ist, hat sich doch für das Einrichten und eine evtl. Störungssuche der Einbau einer Ziffernanzeige durchgesetzt.

Als Wegauflösung genügt heute noch für den größten Teil der Maschinen 0,01 mm (bei Drehmaschinen 0,005 mm), jedoch ist eine Verkleinerung bis auf einige µm auch für Standardmaschinen zu erwarten.

Beim Baugruppensystem BNC 3 der DDR stehen dem Projektanten wahlweise verschiedene Eingabelösungen (Hand, Schrittschaltwerk, Lochstreifen), diverse Zusatzbaugruppen (Simultanbetrieb, 6 Achsen) und 2 konstruktive Lösungen von Anzeigen zur Verfügung, mit denen aus der allen gemeinsamen Grundvariante eine Vielzahl von Ausbaustufen projektiert werden können (Bild 4). Das technische Vermögen entspricht dem internationalen Stand, wobei bemerkens-

wert ist, daß von der Drehmaschine bis zur Fräsmaschine sowie den Bohrmaschinen mit ihren unterschiedlichen Anforderungen an die Steuerung nahezu alle Forderungen erfüllt werden können.

Das Ansteigen der Bahnsteuerungen, besonders bei Drehmaschinen, ist auf die Forderung nach Kegeldrehen und Gewindeschneiden zurückzuführen. Es werden Bahnsteuerungen ($2^1/_2$ und 3 D) mit linearer und zirkularer Interpolation angeboten, für extrem hohe Forderungen sind solche mit bis zu 5 bzw. 6 gleichzeitig zu steuernden Achsen vorhanden, deren Schwierigkeit beim Einsatz in der Programmierung liegt. Wenn auch auf gleichem Grundaufbau basierend, so wird heute noch allgemein zwischen P/S- und Bahnsteuerung unterschieden, die jedoch für Bearbeitungszentren kombinierbar sind. Nur dadurch sind ökonomische Lösungen möglich, da ein gehäusemäßig getrennter Interpolationszusatz recht aufwendig wird.

Bei den digitalen Interpolationsverfahren erfolgt die Annäherung an die Bahnkurve durch treppenförmiges Achszustellen, indem die Achswerte in gleiche Teile zerlegt und ein Aufsummieren dieser Partikel erfolgt. Es wird jeweils ein Signal an eine Achse ausgegeben, wenn die Summation das festgelegte Weginkrement erreicht hat, wodurch der maximale Fehler 1 Inkrement betragen kann (digital-differential Analyzer (DDA)). Von Bahnsteuerungssystemen fordert man eine Werkzeugkorrektur, für die die achsparallelen Komponenten der Wegvektoren ermittelt werden müssen, sowie die Konstanz der vom Bedienenden zu beeinflussenden Bahngeschwindigkeit.

5. NC mit freiprogrammierter Logik, adaptive Regelung

Während die meisten bisher bekannten NC mit festverdrahteter Logik auf dem Markt sind, wodurch die Preise bis heute noch relativ günstig gestaltet werden können, bleibt mit fortschreitendem Eindringen der Mikroelektronik in den Bereich der Datenverarbeitung die Möglichkeit, auch ökonomisch günstige Klein-Prozeßrechner mit freier innerer Struktur wettbewerbsfähig anzubieten. Die Flexibilität in der Gestaltung des technologischen Prozesses ist dabei ausschlaggebend, wie auch der wachsenden Kompliziertheit der NC-gesteuerten Einzelmaschine und schneller Anpassung an veränderte Bedürfnisse Rechnung getragen wird. Die ökonomische Grenze der festverdrahteten Logik ist bereits erreicht, wenn etwa mehr als 10 Achsen zu steuern sind, wovon mindestens 2 Achsen bahngesteuert werden müssen. Die Steuerung einiger NCM von einem Rechner erscheint besonders vorteilhaft.

Zum Teil kann das Strukturprogramm fest, aber von Hand veränderlich, gespeichert sein und nur der Arbeitsspeicher als Kernspeicher ausgeführt werden, da eine laufende Strukturänderung nicht erfolgt, sondern nur mit Maschinenveränderungen parallel geht.

Die Ausnutzung der Maschine wird nur optimal, wenn die vorliegenden Prozeßparameter laufend erfaßt und daraus abgeleitete Stellgrößen in das System rückgespeist werden; sog. adaptiv control (AC).

Man unterscheidet dabei die Auslastungsregelung, bei der das System Maschine, Werkstück, Werkzeug maximal ausgelastet wird, und die Optimierungsregelung, bei der mittels geeigneter Algorithmen das Kosten-, Zeit- oder Güteoptimum errechnet und eingestellt wird (Suchstrategie zur Ermittlung des unbekannten Optimalpunktes).

Als Meßwerte kommen Leistung, Drehmoment und Durchbiegung des Werkzeuges bzw. der Spindel evtl., auch der Maschine insgesamt, Verwindung der Spindel, Temperatur der Schneide, Schwingungen u. ä. in Frage.

6. NC-Wandlung zur Rechnerperipherie

Neben dem Einsatz von Kleinrechnern als Steuersystem besteht weiter die Möglichkeit, einem größeren Rechner die Steuerung von vielen Maschinen zu übertragen. In der Literatur wurden schon solche Beispiele ausgeführt (z. B. Omnicontrol, IBM), die jedoch heute noch keine Verbreitung gefunden haben.

Die aufgezeigten Vorteile, wie

- Wegfall des Lochstreifens, damit steigende Zuverlässigkeit
- nur ein Rechner für bis zu 256 NC-Maschinen, sinkende Kosten
- schnelle Programmierung und Programmerprobung, Live-Betrieb
- getrennter Datenverarbeitungsraum

erscheinen verlockend; das System birgt aber den großen Nachteil der völligen Abhängigkeit der gesamten Produktion von einem Rechner in sich, wobei auch kein Notprogramm möglich ist. Dem Rechner wird dabei nicht die Ablaufsteuerung im gesamten Prozeß übertragen, wobei die NC Einzelsysteme an den Maschinen bestehen bleiben, sondern er wird zur direkten Steuerung von Maschinen ganz oder teilweise eingesetzt.

Mit dem teilweisen Einsatz verbleibt zwischen EDVA und Maschinenelektrik noch eine abgerüstete NC, die Teilfunktionen übernimmt. Damit tritt eine Wandlung der NC von einem selbstexistenten Erzeugnis zum Teil der Rechenperipherie ein, womit gleichzeitig der Weg frei wird zur Automatisierung von Stückprozessen einschließlich der Verkettungseinrichtungen.

Während bei der konventionellen NC-Maschine der Mensch noch eine Vielzahl von logischen Entscheidungen wie z. B. Transport, „Datenübertragung" vom Programmierbüro zur NC-Maschine, Eingriff bei Havarie, Werkzeugeingabe, Prüfung der Güte, Werkzeugverschleißprüfung u. a. und nicht zuletzt den Start der Einzelprozesse ausführt, fordert der zunehmende Automatisierungsgrad der Fertigung auch die Automatisierung dieser Teilsysteme in Form der Verkettung zum Gesamtsystem, und dem Menschen obliegt im Prozeß nur noch die Kontrolle des ordnungsgemäßen Gesamtablaufes und die evtl. Störungsbeseitigung.

Zur Verdeutlichung seien die möglichen Automatisierungsstufen beim Fertigungssystem einschließlich der Rolle der NC darin dargestellt:

1. Fertigungssystem ohne Automatisierung

Es existieren nahezu die gleichen Untersysteme wie beim vollautomatischen Ablauf, jedoch meist unbewußt, nämlich

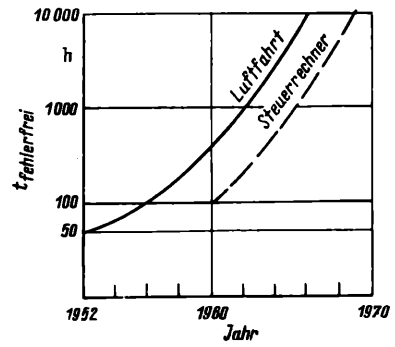


Bild 5. Trend der Zuverlässigkeit [1]

- Bearbeitungssystem, handbedient
- Prüfsystem, handbedient
- Hilfssystem (Waschen, Kühlen), handbedient
- Transportsystem von Werkstück, Werkzeug, Abfall, handbedient
- Informationssystem, mündlicher oder schriftlicher Datentransport.

2. Fertigungssystem, teilautomatisiert

- Bearbeitungssystem, NC-gesteuert
- Prüfsystem als NC-Meßstation, visuelle Auswertung bzw. Datenzwischenträger
- Hilfssystem, handbedient
- Transportsystem, nicht verkettet
- Informationssystem, z. T. wie bei 1, für die NC als Steuerlochstreifen.

3. Fertigungssystem, vollautomatisiert

- Bearbeitungssystem on-line-gesteuert, Fertigung optimal
- Prüfsystem gleichermaßen
- Hilfssystem, gesteuert vom Systemrechner
- Transportsystem, alle Maschinen verkettet, vom Systemrechner gesteuert
- Informationssystem, als Mittler zwischen Prozeß, Automatisierungseinrichtung und EDVA.

Mit der wachsenden Kompliziertheit und Größe der technologischen Systeme gewinnt die Zuverlässigkeit erstrangige Bedeutung, die durch die Kennziffern wie die

Ausfallzeit zur Arbeitszeit in Prozent (unter Einbeziehung der Serviceorganisation) und die

mittlere störungsfreie Zeit in Stunden (unter Elimination der Serviceorganisation)

beschrieben wird.
In [1] werden die erreichten mittleren fehlerfreien Zeiten angegeben. Aus diesen läßt sich der Schluß ableiten, daß sie nur durch den Einsatz von volltransistorisierten Einrichtungen und integrierter Technik mit höherem Integrationsgrad bis zu LSI erreichbar wird.
Prozeßautomatisation mittels NC stellt somit für den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Fortschritt ein vorrangiges Mittel dar, das die ganze Kraft und ein progressives Denken der Automatisierungsfachleute erfordert.

Literatur

[1] *Williams, Th. J.*: Interface Requirements, Transducers and Computers for On-Line-Systems (Survey paper 23, IV. IFAC-Kongreß 1969, Warschau).

msr 3534

Anschrift des Verfassers:
H.-J. Bartsch, Dipl.-Ing., VEB Starkstrom-Anlagenbau, 90 Karl-Marx-Stadt, Wilhelm-Pieck-Str. 62 – 64.

L. CLASSEN und M. PESCHEL

Reduktion der Anzahl der Zeitkonstanten eines analogen linearen Systems

IA 2.3.1.4

Einleitung[1])

In der Literatur existieren eine Reihe von Veröffentlichungen, die für die verschiedensten Aufgabengebiete – Optimierung, Identifikation, Simulation – Verfahren anbieten, mit deren Hilfe ein System durch eine oder eine verminderte Anzahl von Systemkonstanten beschrieben werden kann [1] bis [3]. Indem der Nachteil eines systematischen Fehlers in Kauf genommen wird, verschafft man sich die Vorteile, die sich aus der Beschreibung eines Systems durch ein sehr einfaches mathematisches Modell ergeben.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein neues Verfahren zur Reduktion der Anzahl der Zeitparameter (Zeitkonstanten, Vorhaltzeit, Nachstellzeit) zu beschrieben und auf PT-Glieder anzuwenden und zu erproben. Das Modell, das das System beschreibt, wird nur einen Zeitparameter besitzen. Dabei soll dieser Ersatzparameter so gewählt werden, daß er den Fehler, der sich hier explizit angeben läßt, minimisiert. Einschränkend werden zunächst nur Verzögerungsglieder betrachtet, deren Übertragungsfunktion einfache reelle Pole besitzt.
Das Verfahren ist besonders für den Einsatz auf Digitalrechnern geeignet und wurde im Rahmen der Vertragsforschung zwischen der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt und dem Institut für Regelungstechnik Berlin entwickelt.

[1]) Mitteilung aus der Sektion Automatisierungstechnik der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt.

1. Grundgedanke des Verfahrens

Ausgangspunkt des bereits in [4] skizzierten Verfahrens ist die Beschreibung eines proportionalen Verzögerungsgliedes durch die Übertragungsfunktion.

$$G(p) = V_0 \left[\frac{1}{\prod_{i=1}^{r} (p - p_i)} \right]. \tag{1}$$

Die Zeitkonstanten des Systems sind dabei $T_i = -1/p_i$. $G(p)$ wird in eine Summe von Partialbrüchen zerlegt:

$$G(p) = V_0 \left[\sum_{i=1}^{r} k_i \frac{1}{p - p_i} \right]. \tag{2}$$

Die Koeffizienten der Partialbruchzerlegung lassen sich aus

$$k_i = \left[\frac{p - p_i}{\prod_{j=1}^{r} (p - p_j)} \right]_{p = p_i} \tag{3}$$

bestimmen.

Mit Hilfe des Ersatzoperators $w = 1/(p - \beta)$ läßt sich die Übertragungsfunktion (2) als Funktion von w auffassen:

$$G(w) = V_0 \left[\sum_{i=1}^{r} k_i \frac{w}{1 - (p_i - \beta) w} \right]. \tag{4}$$

Eine Taylorreihenentwicklung an der Stelle w = 0 führt zu

$$G(\mathrm{w}) = V_0\left[\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{i=1}^{r} k_i\,(p_i-\beta)^n\,\mathrm{w}^{n+1}\right]. \tag{5}$$

Wenn die Reihe nach dem $(M-1)$-ten Glied abgebrochen wird, ergibt sich eine Übertragungsfunktion $G_a(p)$, welche die ursprüngliche (1) approximiert, jedoch mit nur einer Zeitkonstante $T = -1/\beta$ auskommt.

$$G_a(p) = V_0\left[\sum_{n=0}^{M-1}\sum_{i=1}^{r} k_i\,(p_i-\beta)^n\left(\frac{1}{p-\beta}\right)^{n+1}\right]. \tag{6}$$

Der dabei auftretende Fehler ist gegeben durch

$$Q(p) = V_0\left[\sum_{i=1}^{r} k_i\,(p_i-\beta)^M\left(\frac{1}{p-\beta}\right)^M\frac{1}{p-p_i}\right]. \tag{7}$$

Dieser operatorische Fehler ist abhängig von β, und es wird die Aufgabe des folgenden Abschnittes sein, zu zeigen, wie er durch geeignete Wahl von β optimal gestaltet werden kann.

Anzumerken ist hier, daß die Entwicklung offensichtlich für große Frequenzen besonders günstig ist. Eine Erniedrigung der Ordnung der Übertragungsfunktion ist nicht möglich, da

$$\sum_{i=1}^{r} k_i\,(p_i-\beta)^n,$$

für $n < r-1$ verschwindet.

2. Minimisierung des Restgliedes durch passende Wahl von β

2.1. *Bestimmung eines optimalen β für bestimmte Abbruchordnungen $M-1$*

Der Frequenzgangfehler bestimmt sich aus Gl. (7) mit $p = j\,w$ zu

$$Q(j\,w) = V_0\left[\sum_{i=1}^{r} k_i\,(p_i-\beta)^M\left(\frac{1}{-\beta+j\,w}\right)^M \times\frac{1}{-p_i+j\,w}\right]. \tag{8}$$

Hinreichend dafür, daß der Betrag von $Q(\mathrm{j}\,w)$ einen Extremwert annimmt, ist die Forderung

$$\frac{\mathrm{d}Q(j\,w)}{\mathrm{d}\beta} = $$

$$= V_0\left[\sum_{i=1}^{r} k_i\,(p_i-\beta)^{M-1}\left(\frac{1}{-\beta+j\,w}\right)^{M+1}(-M)\right] =$$

$$= \mathrm{Re} + j\,\mathrm{Im} = 0\,. \tag{9}$$

Sowohl der Real- als auch der Imaginärteil dieser Gleichung verschwinden, wenn β aus

$$\sum_{i=1}^{r} k_i\,(p_i-\beta)^{M-1} = 0\,, \tag{10}$$

bestimmt wird.

Daß die Gl. (10) einen Ersatzparameter liefert, der das Restglied minimisiert, werden die Beispiele zeigen.

Die folgenden Überlegungen wurden angestellt, weil es sich zeigte, daß Gl. (10) für $r = 2$ (Verzögerungsglied zweiter Ordnung) und $(M-1) = 2\,j$, wobei j = 1, 2, 3, ... immer erfüllt wird von

$$\beta = \frac{p_1+p_2}{2}.$$

2.2. *Bestimmung eines gleichmäßig guten β unabhängig von $M-1$*

Mit

$$f_j(\beta) = \sum_{i=1}^{r} k_i\,(p_i-\beta)^j \qquad (j = M-1) \tag{11}$$

läßt sich die charakteristische Gleichung aller Bedingungsgleichungen (10) aufstellen, wobei u die Rolle eines Verschiebeoparetors, analog dem Vorgehen bei der z-Transformation, spielt.

$$C(\beta,u) = \sum_{j=0}^{\infty} f_j(\beta)\,u^j\,. \tag{12}$$

Da ferner gilt

$$f_j = 0 \quad \text{für} \quad j = 0,1,\ldots,r-2\,, \tag{13}$$

$$f_j = 1 \quad \text{für} \quad j = r-1\,, \tag{14}$$

$$f_j > 0 \quad \text{für} \quad j = r, r+1, \ldots, \tag{15}$$

kann Gl. (11) umgeformt werden zu

$$C(\beta,u) = \sum_{g=0}^{\infty} f_{r-1+g}\,u^{r-1+g} = \frac{u^{r-1}}{\prod_{i=1}^{r}(1-(p_i-\beta)\,u)}. \tag{16}$$

Nur die Minimalbedingungen (10), die reelle Lösungen besitzen $-(M-1) = r+2\,\mathrm{j}$ für j = 0,1,2 sollen Berücksichtigung finden.

Das führt zu

$$C'(\beta,u) = \sum_{m=0}^{r}(1-(-1)^m)\,S_m\,(1/u)^{r-m}\,, \tag{17}$$

wobei die S_m die elementarsymmetrischen Funktionen zu den $(p_i-\beta)$ sind.

Wenn nun der Parameter β so bestimmt wird, daß $C'(\beta,u)$ verschwindet, dann ist dieses β homogen gut, unabhängig von der Ordnung des Abbruches. Aus der Forderung $C'(\beta,u) = 0$ folgen eine Reihe von Bedingungsgleichungen, die bei den Beispielen noch einzeln untersucht werden sollen.

Es existieren also zwei Möglichkeiten zur Bestimmung eines optimalen β. Einmal die Lösung von Gl. (10) in Abhängigkeit vom Abbruchindize $M-1$ und zum anderen die Erfüllung der Forderung $C'(\beta,u) = 0$. Vor- und Nachteile beider Methoden sollen an Hand der Beispiele gezeigt werden.

3. Rekursionsformel zur Berechnung der $f_j(\beta)$

Die im Abschn. 2 gefundene Gl. (16) läßt sich umstellen zu

$$\left(\sum_{g=0}^{\infty} f_{r-1+g}\,u^{r-1+g}\right)\left(\sum_{m=0}^{r} u^m(-1)^m\,S_m\right) = u^{r-1}, \tag{18}$$

in der die S_m wiederum die elementarsymmetrischen Funktionen der $(p_i-\beta)$ sind.

Ein Koeffizientenvergleich führt zu

$$f_{r-1+g}\,S_0 = -\left(\sum_{m=1}^{g} f_{r-1+g-m}\,(-1)^m\,S_m\right). \tag{19}$$

Durch diese Gleichung ist es leicht möglich, die Koeffizienten von Gl. (6) rekursiv zu berechnen, wenn die S_m bekannt sind. Dies ist überaus wichtig für die Behandlung des Verfahrens auf dem Digitalrechner.

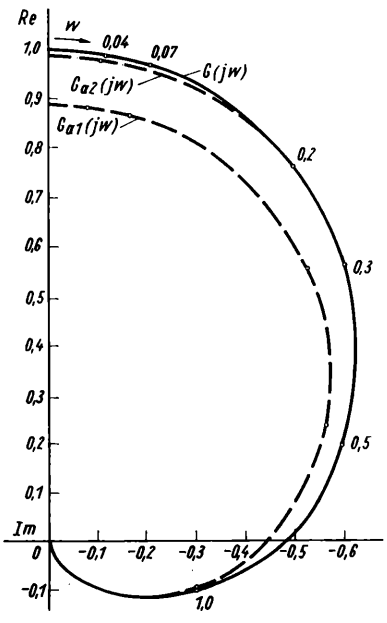


Bild 1

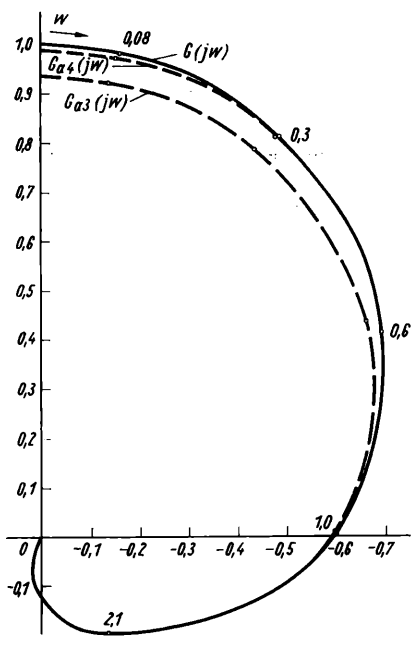


Bild 2

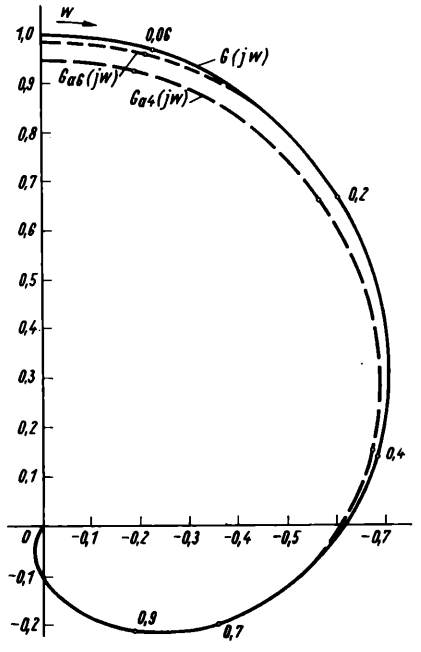


Bild 3

4. Anwendung des Verfahrens

4.1. PT_2-Glied

Für $r = 2$ folgt aus Gl. (17) über die Forderung

$$S_1 = 0 = (p_1 - \beta) + (p_2 - \beta)\,, \tag{20}$$

der optimale und gleichmäßig gute Ersatzparameter für ein Verzögerungsglied zweiter Ordnung $\beta = (p_1 + p_2)/2$. In diesem Fall wird das Restglied also immer vom arithmetischen Mittelwert minimisiert, ganz unabhängig von $(M - 1)$. Im Bild 1 sind die normierten Ortskurven der Originalübertragungsfunktion

$$G(p) = \frac{1}{(p + 0{,}5)\,(p + 1{,}0)}$$

und deren Approximationen – $G_{a1}(j\,w)$ Abbruch der Reihe nach dem ersten Glied und $G_{a2}\,(j\,w)$ Abbruch der Reihe nach dem zweiten Glied – dargestellt. Der größte Fehler liegt bei $G_{a2}(j\,w)$ im ganzen Frequenzbereich unter 1,3%. Wie viele Glieder der Reihe für eine ausreichend gute Approximation mitgenommen werden müssen, wird von dem Verhältnis der beiden Originalzeitkonstanten abhängig sein.

4.2. PT_3-Glied

Aus Gl. (17) folgt im Fall eines Verzögerungssystems dritter Ordnung die Forderung

$$S_1 = 0 = (p_1 - \beta) + (p_2 - \beta) + (p_3 - \beta) \tag{21}$$

und

$$S_3 = 0 = (p_1 - \beta)\,(p_2 - \beta)\,(p_3 - \beta)\,. \tag{22}$$

In dem Sonderfall, daß einer der drei Pole gleich dem arithmetischen Mittelwert aller drei ist, lassen sich die beiden Forderungen (21) und (22) durch

$$\beta = (p_1 + p_2 + p_3)/3 \tag{23}$$

erfüllen. Wenn dies nicht der Fall ist, dann existiert kein gleichmäßig optimaler Ersatzparameter. Die Gln. (21) und (22) durch ungewichtetes Ausgleichen näherungsweise zu erfüllen führt zu einer starken Überbetonung von Gl. (22) und ist deshalb nicht zu empfehlen.

Es bleibt natürlich die Möglichkeit bestehen, Gl. (10) separat für jedes $M - 1$ zu betrachten oder näherungsweise den Ersatzparameter wie in Gl. (23) festzulegen. Das erstere ist immer günstig und führt zu den besten Ergebnissen. Der zweite Weg ist von Fall zu Fall zu untersuchen. Im Bild 2 ist die Ortskurve zu

$$G(p) = \frac{1}{(p + 1{,}0)\,(p + 2{,}0)\,(p + 3{,}0)}$$

dargestellt. Bei diesem Beispiel ist es möglich, die Gln. (21) und (22) durch $\beta = -2{,}0$ (1/s) zu erfüllen. Dieser Ersatzparameter kann für alle $M - 1$ verwendet werden. Der größte Betragsfehler der Approximation $G_{a4}(j\,w)$ – vier Glieder der Reihe werden mitgenommen – liegt unter 1,6%. Bei dem System dritter Ordnung (Bild 3) gilt die in dem letzten Beispiel festgestellte Übereinstimmung einer Wurzel des zu approximierenden Systems mit dem arithmetischen Mittelwert aller Wurzeln nicht. Das bedeutet, es existiert kein β, daß die beiden Bedingungen (21) und (22) exakt erfüllt. Da die Wurzeln aber nicht sehr unterschiedlich sind – $p_1 = -0{,}6$, $p_2 = -0{,}7$ und $p_3 = -1{,}5$ – ist es doch möglich, hier näherungsweise mit

$$\beta = \frac{p_1 + p_2 + p_3}{3} = -0{,}933\ (1/\mathrm{s})$$

zu arbeiten. Die Verbesserung, die sich ergibt, wenn bei $G_{a4}(j\,w)$ nicht mit dem arithmetischen Mittelwert, sondern mit dem für diese Abbruchordnung aus Gl. (10) bestimmten optimalen $\beta = -0{,}968$ (1/s) gearbeitet wird, liegt bei $w = 0$ in der Größenordnung von 0,5%.

Literatur

[1] *Reinisch, K.:* Bemessung linearer Regler an Strecken mit und ohne Ausgleich für vorgeschriebene Überschwingweiten. Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Elektrotechnik Ilmenau 9 (1963) H. 3, S. 347–353.

[2] *Strejc, V.:* Regelkreise mit gleichen Zeitkonstanten. Zmsr 3 (1960) H. 5, S. 196–199.

[3] *Nechleba, F.:* Erweiterung des Begriffes der Zeitkonstante. ETZ-A 74 (1953) S. 98–101.

[4] *Peschel, M.:* Grundlagen einer einheitlichen Theorie linearer Systeme. TH Karl-Marx-Stadt 1968.

msr 3396

Anschrift der Verfasser:
M. Peschel, Prof. Dr. rer. nat., Dr.-Ing., *L. Claßen*, Dipl.-Ing., Sektion Automatisierungstechnik der TH Karl-Marx-Stadt, 901 Karl-Marx-Stadt, Straße der Nationen 62.

M. FISCHER

Dimensionierung elektrohydraulischer Antriebs-Regelkreise unter besonderer Berücksichtigung der Verstärkerdrift und der Belastung

IA 4.6.1.2

Einleitung[1])

Bei geeigneter Auslegung weisen elektrohydraulisch geregelte Antriebe hervorragende statische und dynamische Eigenschaften auf. Zur Einstellung der dynamischen Eigenschaften bedient man sich in vorteilhafter Weise der Methoden der Regelungstechnik und kann dadurch kleine quadratische Regelflächen bzw. niedrige Anregelzeiten erzielen. Die leistungsverstärkenden elektrohydraulischen Steuerventile derartiger Regelkreise, die sog. Servoventile, zeichnen sich durch außerordentlich kleine Zeitkonstanten aus. Den elektrohydraulischen Servoventilen nachgeschalteten Hydromotoren haftet jedoch in offenen Systemen stets die Eigenschaft an, daß die Drehgeschwindigkeit erheblich lastabhängig ist. Diese Tatsache erklärt sich aus der Durchflußgleichung, die den hydraulischen Steuerventilen eigen ist. Aus diesem Grunde wird man Servoventile praktisch nur in Regelkreisen einsetzen. Die Lastabhängigkeit der Drehgeschwindigkeit kann dadurch beträchtlich herabgesetzt werden. Neben diesem Lasteinfluß existieren aber noch andere Einflüsse, die ebenfalls zu Abweichungen von der geforderten Drehgeschwindigkeit führen können. Da die Drift des elektronischen Verstärkers (bzw. die auf den Eingangsstrom des Servoventils bezogene Ventildrift) von besonderer Bedeutung sind, soll auch deren Berücksichtigung bei der Dimensionierung eines elektrohydraulischen Regelkreises beschrieben werden.

1. Signalflußplan eines elektrohydraulischen Regelkreises

Im Bild 1 ist der Aufbau des im weiteren betrachteten typischen Antriebsregelkreises dargestellt.

Der vom Sollwertpotentiometer P über den Vorwiderstand R_V zum Eingang des Verstärkers V fließende Strom wird mit dem von der Tachomaschine über den Vorwiderstand R_T ebenfalls zum Verstärkereingang fließenden Strom verglichen (Stromsummation). Die Stromdifferenz steuert den mit den Schaltelementen R_R, R_r und C_r beschalteten Verstärker aus. Dabei sein der Eingangs- und der Ausgangswiderstand des Verstärkers vernachlässigbar klein. Der Ausgangsstrom I_{St} bewirkt am elektromechanischen Wandler des Servoventils eine entsprechende Auslenkung. Dadurch wird das Steuerventil geöffnet und der Hydromotor in Drehungen versetzt. Die der Drehzahl proportionale Gleichspannung der Tachomaschine wirkt dann wie geschildert auf den Verstärkereingang ein. Dieser Regelkreis läßt sich linearisiert anschaulich als Signalflußplan darstellen (Bild 2).

Es gelten die Übertragungsfunktionen

$$G_1(p) = \frac{I_{\mathrm{Soll}}(p)}{U_{\mathrm{Soll}}(p)} = \frac{1}{R_v}, \qquad G_5(p) = \frac{n(p)}{I_{St}(p)} = k_5' G_5'(p),$$

$$G_2(p) = \frac{U_a(p)}{I_e(p)} = Z_{21}, \qquad G_6(p) = \frac{n(p)}{M_L(p)} = k_6' G_6'(p),$$

$$G_3(p) = \frac{I_R(p)}{U_a(p)} = \frac{1}{\Re_R}, \qquad G_7(p) = \frac{U_T(p)}{n(p)} = k_T,$$

$$G_4(p) = \frac{I_{St}(p)}{U_a(p)} = \frac{1}{R_{SV}}, \qquad G_8(p) = \frac{I_T(p)}{U_T(p)} = \frac{1}{R_T}.$$

Mit der in weiten Grenzen wählbaren Übertragungsfunktion $G_3(p)$ wird sowohl das statische als auch das dynamische Verhalten festgelegt. Im folgenden soll die Bemessung der im allgemeinen wählbaren statischen Übertragungsfaktoren vorgenommen werden, wobei die statische Nichtlinearität des Antriebs berücksichtigt wird.

2. Störgrößen

2.1. *Belastung*

Für hydrostatische Antriebe gilt, daß die wirksame Druckdifferenz Δp der Belastung annähernd proportional ist.

Außerdem verhält sich der Ölstrom Q_L durch den Verbraucher bei Belastung zum Ölstrom im Leerlauf Q_0 etwa so wie die zugeordneten Drehzahlen n (sofern von erheblichen volumetrischen Verlusten am Motor abgesehen werden kann).

$$\frac{Q_L}{Q_0} = \frac{n_L}{n_0} = \sqrt{1 - \Delta p/p_0},$$

$$\frac{Q_L}{Q_{0\,\max}} = \frac{n_L}{n_{0\,\max}} = \frac{I_{St}}{I_{St\,\max}} \sqrt{1 - \Delta p/p_0}.$$

Durch geeignete Beeinflussung des Steuerstroms am Servoventil I_{St} kann demnach auch bei Belastung prinzipiell Drehzahlkonstanz aufrechterhalten werden, solange der Steuerstrom seinen Maximalwert $I_{St\,\max}$ nicht überschreitet. Die durch die Ventilcharakteristik hervorgerufene Drehzahlabweichung unter Last gegenüber Leerlauf Δn_L bei konstantem Steuerstrom steht mit der Belastung in wesentlich nichtlinearem Zusammenhang.

$$\begin{aligned}
\Delta n_L &= n_0 - n_L \\
&= k_A I_{St} \left(1 - \sqrt{1 - \Delta p/p_0}\right), \\
&= k_A I_{St} \left[\frac{1}{2}\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right) + \frac{1}{8}\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right)^2 + \frac{1}{16}\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right)^3 \right. \\
&\quad \left. + \frac{5}{128}\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right)^4 + \cdots\right], \\
&= k_A I_{St} \frac{\Delta p}{2 p_0} \left[1 + \frac{1}{4}\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right) + \frac{1}{8}\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right)^2 \right. \\
&\quad \left. + \frac{5}{64}\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right)^3 + \cdots\right],
\end{aligned}$$

$$k_A = n_{0\,\max}/I_{St\,\max}.$$

[1]) Mitteilung aus dem VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert" Karl-Marx-Stadt, Betrieb „UNION" Gera, 65 Gera, Zoitzbergstr. 36.

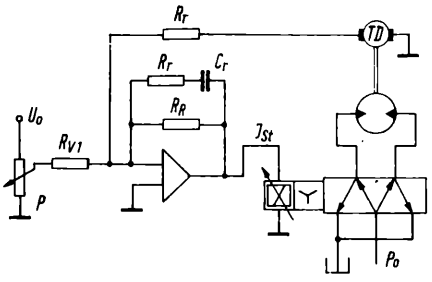


Bild 1. Geräteschaltbild des elektrohydraulischen Antriebsregelkreises

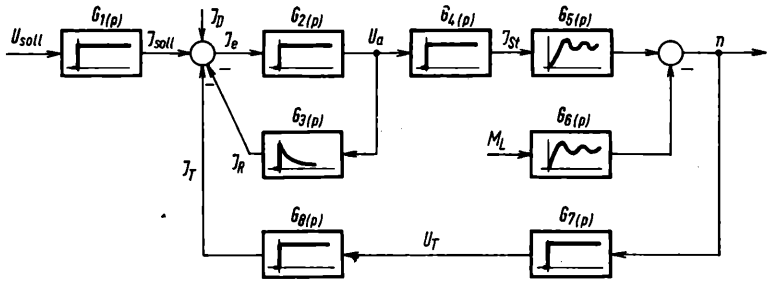


Bild 2. Signalflußplan des elektrohydraulischen Antriebsregelkreises

Die Kombination Servoventil—Hydromotor wird dabei so ausgelegt, daß bei Nennbelastung des Hydromotors der Differenzdruck noch nicht die Höhe des Vordruckes p_0 erreicht.

Es gilt etwa $\Delta p \leq 0{,}8\, p_0$ und damit:

$$\frac{\Delta n_L}{\Delta p} = V_M\, k_6 = \frac{n_0}{\Delta p}\left(1 - \sqrt{1 - \Delta p/p_0}\right),$$

$$= \frac{k_A\, I_{St}}{2\, p_0}\,(1\ldots1{,}38)\,.$$

In Abhängigkeit von der Belastung ergibt sich für den Zusammenhang zwischen Steuerstrom- und Drehzahländerung:

$$\frac{\mathrm{d}n_L}{\mathrm{d}I_{St}} = \frac{\Delta n_L}{\Delta I_{St}} = k_A\sqrt{1 - \Delta p/p_0}\,.$$

Für Belastungen bis zum Nennmoment ($\Delta p \leq 0{,}8\, p_0$) gilt daher

$$k_5 = \frac{\Delta n}{\Delta I_{St}} = k_A\sqrt{1 - \Delta p/p_0} = k_A\,(1\ldots0{,}45)\,.$$

2.2. *Drift des Verstärkers*

Gleichstromverstärker weisen oft einen nicht vernachlässigbaren Störpegel auf, der durch die Schaltungsart und die eingesetzten Bauelemente beeinflußt wird [1]. Besonders negativ wirken sich tiefstfrequente Störungen aus, die als Drift bezeichnet werden. Man charakterisiert die Verstärker, indem man den auf den Verstärkereingang bezogenen maximalen Driftstrom (bzw. Driftspannung) angibt. Da die Drift temperaturabhängig ist, wird die Angabe der Verstärkerdrift auf einen Temperaturbereich bezogen. Für den beschalteten Verstärker ergibt sich am Ausgang eine Driftspannung, die von der Auslegung der statischen Gegenkopplung abhängt. Unter den oben getroffenen Voraussetzungen gilt für den beschalteten Verstärker

$$\frac{U_a(p)}{I'_e(p)} = \Re_R \quad \text{für} \quad |Z_{21}| \gg |\Re_R|\,.$$

Die am Ausgang des Verstärkers meßbare Driftspannung U_{aD} bei bekanntem Driftstrom I_D beträgt

$$U_{aD} = I_D\, \Re_R(0) = I_D\, R_R\,.$$

Die dadurch im offenen System auftretende Drehzahlabweichung beträgt maximal im Leerlauf

$$\Delta n_D = U_{aD}\, G_4(0)\, G_5(0) = U_{aD}\,\frac{k_A}{R_{SV}}\,.$$

Neben dieser Auswirkung der Drift auf die Regelgenauigkeit ist oft auch das vom Motor entwickelte Driftmoment bei Stillstand ($n = 0$) von besonderer Bedeutung, da hierdurch z. B. eine Verspannung in Getriebezügen zustande kommen kann. Da die Druckaussteuerung von Servoventilen wesentlich nichtlinear verläuft, wird die nichtlineare Funktion f eingeführt

$$\Delta p_D = f(I_{St\,D})_{n=0}$$

$$M_D = V_M\, \Delta p_D = V_M\, f(I_{St\,D})_{n=0}$$

$$I_{StD} = I_D\,\frac{R_R}{R_{SV}} = f^{-1}\,(\Delta p_D)_{n=0}$$

$f^{-1} \triangleq$ Umkehrfunktion der Nichtlinearität.

3. Einfluß der Störungen im Regelkreis

3.1. *Belastung*

Der Einfluß der Belastung auf die bleibende Drehzahlabweichung geht im Regelkreis etwa um den Faktor der Kreisverstärkung zurück.

$$\frac{\Delta n_{R1}}{\Delta p} = \frac{V_M\, k_6}{1 + V_0} \approx \frac{k_A\, I_{St}\,(1\ldots1{,}38)}{2\, p_0\, V_0}\,,$$

$$V_0 = \frac{R_R\, k_5\, k_T}{R_{SV}\, R_T} = \frac{R_R\, k_T\, k_A}{R_{SV}\, R_T}\sqrt{1 - \Delta p/p_0}$$

$$= V'_0\sqrt{1 - \Delta p/p_0}\,,$$

$$\frac{\Delta n_{R1}/n_0}{\Delta p/p_0} = \frac{1 - \sqrt{1 - \Delta p/p_0}}{V'_0\,\dfrac{\Delta p}{p_0}\sqrt{1 - \Delta p/p_0}}\,.$$

3.2. *Drift des Verstärkers*

3.2.1. Drehzahlabweichung

Die bleibende Drehzahlabweichung infolge Drift des Verstärkers hängt sowohl von der statischen Kreisverstärkung V_0 als auch vom Übertragungsfaktor aller Glieder im Vorwärtszweig ab:

$$\frac{\Delta n_{R2}}{I_D} = \frac{R_R\, k_5}{R_{SV}\,(1 + V_0)} \approx \frac{R_R\, k_5}{V_0\, R_{SV}} = \frac{R_T}{k_T}\,.$$

Durch geeignete Bemessung der Rückführglieder des Regelkreises kann demnach unabhängig von der Kreisverstärkung die Drehzahlabweichung beeinflußt werden.

3.2.2. Driftmoment

Dieses Moment tritt wegen der Verstärkerdrift im Stillstand des Motors auf. Hierbei ist der Regelkreis unwirksam, d. h., das System ist als offen zu betrachten.

Somit gilt weiterhin

$$M_D = V_M\, f\,(I_D\, R_R/R_{SV})_{n=0}\,.$$

4. Dimensionierungsrichtlinien

4.1. *Kreisverstärkung*

Für die Einhaltung einer vorgegebenen bleibenden Regelabweichung $\Delta n_{R1}/n_0$ bei konstantem Vordruck p_0 und der Belastung Δp lautet die Bedingung für die notwendige Kreisverstärkung

$$V_0' \geq \frac{1 - \sqrt{1 - \Delta p/p_0}}{\sqrt{1 - \Delta p/p_0}\,\Delta n_{R1}/n_0},$$

z. B. ergibt sich unter der Bedingung eines zulässigen Fehlers von 1% bei einer Belastung $\Delta p \leq 0{,}8\, p_0$ eine Leerlauf-Kreisverstärkung V_0'

$$V_0' = \frac{1 - \sqrt{0{,}2}}{0{,}01\sqrt{0{,}2}} = 124\,[-].$$

Unter der angegebenen Last reduziert sich die Kreisverstärkung $V_0 = V_0'\sqrt{1 - \Delta p/p_0}$ auf $V_0 = 55{,}3$.

4.2. *Verstärkerwiderstand R_T*

Da das Meßglied des Regelkreises vor allem nicht unter dem Gesichtspunkt der Linearitätsabweichung und geringer Welligkeit auszuwählen ist, wird deshalb der Übertragungsfaktor k_T als vorgegeben anzusehen sein. Der Vorwiderstand muß daher folgender Bedingung genügen:

$$R_e' \ll R_T \ll \frac{\Delta n_{R2}\, k_T}{I_{D\,\max}}.$$

R_e' Eingangswiderstand des beschalteten Verstärkers, Δn_{R2} zulässige Drehzahlabweichung infolge des maximal möglichen Driftstromes $I_{D\,\max}$.

4.3. *Verstärker-Rückführwiderstand R_R*

Für die Einhaltung des maximal zulässigen Driftmoments infolge Druckaussteuerung des Servoventils im Stillstand des Hydromotors gilt die Bedingung

$$R_R \leq \frac{f^{-1}\left(\dfrac{M_{D\,\max}}{V_M}\right)_{n=0}}{I_{0\,\max}} \cdot R_{SV}.$$

Hierbei wird das maximale Driftmoment $M_{D\,\max}$ durch die zulässigen Wirkungen im jeweiligen Anwendungsfall (z. B. Verreißen von Tischpositionen an Werkzeugmaschinen) begrenzt. Der Widerstand R_{SV} umfaßt den Wicklungswiderstand des Wandlers R_W sowie evtl. den Ausgangswiderstand des beschalteten Verstärkers R_a' und einen Vorwiderstand R_{VV}, der zur Anpassung der Verstärkerausgangsspannung an den zulässigen Eingangsstrom oder zur Beeinflussung des dynamischen Verhaltens des elektromechanischen Wandlers erforderlich sein kann.

$$R_{SV} = \frac{|U_{a\,\max}|}{|I_{St\,\max}|} = R_W + R_a' + R_{VV}.$$

4.4. *Sollwert-Vorwiderstand R_V*

Für hohe Kreisverstärkung gilt die Näherung

$$\frac{k_T}{R_T} \approx \frac{U_0}{n_{\max} R_V}$$

und damit

$$R_V \approx \frac{U_0\, R_T}{n_{\max}\, k_T}.$$

Nach Vorgabe der Potentiometerspannung U_0 wird der Widerstand R_V als Justierwiderstand festgelegt. Infolge Belastung des Sollwertpotentiometers (oder einer äquivalenten Spannungsquelle) tritt zusätzlich eine Linearitätsabweichung auf. Die maximale Linearitätsabweichung wird mit steigendem Verhältnis $y = R_{Pot}/R_V$ größer und beträgt

$$F_{\max} = \left(\frac{\Delta U_{Soll}}{U_{Soll}}\right)_{\max} = \frac{y}{y+4},$$

wenn für $n_0 = 0$ und $n_0 = n_{0\,\max}$ die Eichung des Antriebs ausgeführt wird. Das Verhältnis y ergibt sich demnach nach Vorgabe des maximalen relativen Linearitätsverhältnisses am Sollwertpotentiometer $F_{\max}$

$$y \leq \frac{4\, F_{\max}}{1 - F_{\max}}.$$

5. Schlußfolgerungen

Lassen sich die aufgestellten Bedingungen unter Beachtung des zulässigen Fehlers am Sollwertpotentiometer einhalten, so ist die Bemessung der statischen Übertragungsfaktoren abgeschlossen. Ergeben sich jedoch noch Widersprüche, so können diese ohne zusätzliche Maßnahmen nur durch die Akzeptierung größerer Regelabweichungen aufgehoben werden. In konkreten Fällen ist über den vorgesehenen Regelbereich eine Minimisierung des maximal möglichen Gesamtfehlers $|\Delta n_R/n_0|_{ges}$ anzustreben, der sich durch die Überlagerung aller beschriebenen Teilfehler ergibt. Um insbesondere das Driftmoment unter annähernder Beibehaltung der anderen Parameter zu verringern, kann zusätzlich parallel zum Hydromotor ein Drosselventil oder ein im Stillstand geöffnetes Kurzschlußventil angebracht werden [2].

Nach der Ermittlung der statischen Übertragungsfaktoren ist mit den bekannten Methoden der Regelungstechnik noch das dynamische Verhalten des Regelkreises (Stabilität, Anregelzeiten) durch die Bemessung der dynamischen Verstärker-Rückführung (C_r, R_r) festzulegen [3].

Zusammenfassung

Für die beiden wichtigsten Störgrößen von elektrohydraulischen Regelkreisen, die Motorbelastung und die Verstärkerdrift, wurden die sich ergebenden statischen Regelabweichungen berechnet. Daraus können die Dimensionierungsvorschriften für die im allgemeinen frei wählbaren Übertragungsfaktoren (Vorwiderstand und statischer Verstärkungsfaktor des Regelverstärkers, Rückführwiderstand des Tachodynamos) abgeleitet werden.

Literatur

[1] *Garte, D.:* Gleichspannungsverstärker mit geringem Störpegel und großer Bandbreite. Radio und Fernsehen 13 (1964) H. 18, S. 551 bis 554.

[2] Technische Unterlagen der Fa. Rexroth.

[3] Sonderheft des Institutes für Werkzeugmaschinen Karl-Marx-Stadt; Elektrohydraulische Antriebseinheiten.

msr 3523

Anschrift des Verfassers:

M. Fischer, Dr.-Ing., VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert" Karl-Marx-Stadt, Betrieb „UNION" Gera, 65 Gera, Zoitzbergstr. 36.

K. KABEŠ

Iterativer Analogrechner MEDA 41 TC

Der iterative Analogrechner MEDA 41 TC (Bild 1) kann sowohl als selbständiger Iterativrechner wie auch als hybrider Zusatz der Analogrechner MEDA-T angewandt werden. Seine Baukastenkonstruktion sichert hohe Allseitigkeit und einfache Anpassungsfähigkeit für die Lösung verschiedener Probleme.

Der Rechner ist in einem typisierten Gehäuse eingebaut und besteht aus herausnehmbaren Rechenmoduleinheiten, einem Logik- und einem Steuerpaneel sowie den benötigten Speisungsmoduleinheiten. Im obersten Fach des Gehäuses sind drei Rechenmoduleinheiten eingeschoben. Neben ihnen ist der Raum für vier zusätzliche Rechenmoduleinheiten reserviert, die gegen Sonderbestellung geliefert werden. Im Fach darunter sind 10 Rechenmoduleinheiten TZP-6 untergebracht. Der Logikpaneel LP-1 darunter enthält das feste Verbindungsfeld mit 608 durch Farben, Buchstaben und Ziffern gekennzeichneten Buchsen. Innerhalb des Logikpaneels sind 23 steckbare Leiterplatten eingebaut, die die meisten Analog-, Hybrid-, Digital-, Logik- und Steuerkreise des Rechners umfassen (Tafel 1). Im unteren Teil des Gehäuses ist der Steuerpaneel OPC untergebracht, der vier Zähleinheiten ČT-1, die zentrale Übersteuerungsanzeige aller Rechenverstärker, ein Zeigermeßgerät und alle Drucktasten für die Handsteuerung des Rechners enthält. Der Raum hinter dem Steuerpaneel ist den Speisungsmoduleinheiten TN-1, TS 14/Z und TN-4 vorbehalten, die alle für den Betrieb des Rechners benötigten Spannungen liefern.

Alle Analogrechenelemente des Rechners MEDA 41 TC sind für die Rechenspannung ± 10 V ausgelegt.

Den wichtigsten Analogrechenbaustein stellt der driftkompensierte Breitbandrechenverstärker (Bandbreite > 1 MHz) dar. Der für die Driftkompensation benötigte Korrektionsverstärker ist mit einem stabilen MOSFET-Modulator und einem Transistordemodulator versehen, die im Takt einer Rechteckspannung von 200 Hz arbeiten. Konstruktiv wird der Rechenverstärker in zwei Varianten hergestellt: Die Variante D/ZZN 4 enthält auf einer Leiterplatte mit den Abmessungen von 135×155 mm zwei gleiche Rechenverstärker für die Realisierung nichtlinearer und spezieller Rechenoperationen. Die Variante D/TZP 64 enthält auf einer Leiterplatte mit den Abmessungen von 90×110 mm einen einzigen Rechenverstärker. Zwei dieser Leiterplatten sind paarweise in der Rechenmoduleinheit TZP-6 eingebaut, wobei ein Rechenverstärker als Summator oder Inverter und der zweite als logisch gesteuerter Integrator arbeiten können. Insgesamt stehen für lineare und nichtlineare Rechenoperationen 28 Rechenverstärker zur Verfügung.

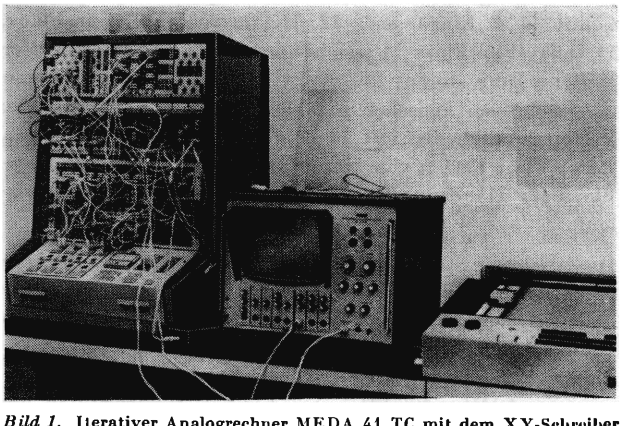


Bild 1. Iterativer Analogrechner MEDA 41 TC mit dem XY-Schreiber BAK 4 T und einem Mehrkanaloszilloskop TESLA

Tafel. Typisierte Leiterplatten mit den Analog-, Hybrid- und Steuerkreisen des Rechners MEDA 41 TC

Leiterplatte	Technische Charakteristik
D/ZZN 4	2 driftkompensierte breitbandige Rechenverstärker
D/MA	Steuerkreise für die Realisierung der Zusammenarbeit mit den Rechnern MEDA 41 TA, MEDA 81 T usw.
D/NRP 50	Leistungsverstärker, Rückkopplungskreise und die Referenzdiode der Rechenspannungsquelle
D/MŽ	Transistorverstärker für die Signallämpchen
D/ČZ 51	1 MHz-Kristalloszillator und 4 Dekaden des dekadischen Frequenzteilers
D/ČZ 51 a	4 Dekaden des dekadischen Frequenzteilers
D/MO	Elektronische Kreise für die Steuerung der Betriebszustände des Rechners + 2 monostabile Verzögeringsglieder
D/ZNP 1	Quadratoren für die Zusammensetzung eines Multiplikators bzw. einer Divisionsschaltung
D/JS	2 zweifache logisch gesteuerte elektronische Schalter
D/MK	4 elektronische Komparatoren mit logisch gesteuertem Ausgang

Die für die Einstellung von Koeffizienten, Anfangswerten usw. benötigten Präzisions-Potentiometer sind in drei Moduleinheiten TMP-1 eingebaut. Jede Moduleinheit enthält 10 Miniatur-Wendelpotentiometer ARIPOT 16 mit einem Gesamtwiderstand von 10 kΩ. Im Ausgangskreis jedes Potentiometers liegt ein umschaltbarer Gewichts- oder Maßstabwiderstand, der das Rechenpotentiometer vor Beschädigung durch Stromüberlastung schützt und gleichzeitig als Eingangswiderstand des Rechenverstärkers dient. Der Schleifer jedes Potentiometers ist außerdem auf eine mit der Adresse des Potentiometers bezeichnete Buchse im Verbindungsfeld des Logikpaneels LP-1 herausgeführt. Dieser direkte Ausgang wird der bei Einstellung des Koeffizienten im Betriebszustand „PROGRAMMIERUNG" ausgenutzt. Dabei werden Relais angeregt, deren Kontakte alle Potentiometer von dem Rechennetzwerk abtrennen und ihre Eingänge an die Referenzspannung $+10$ V schalten. Da alle Potentiometer mit dem gewählten Gewichtswiderstand belastet sind, werden sie unter Bedingungen eingestellt, die dem realen Betriebszustand entsprechen.

Für nichtlineare Rechenoperationen stehen vier Quadratoren D/ZNP 1 zur Verfügung. Jeder Quadrator enthält auf einer

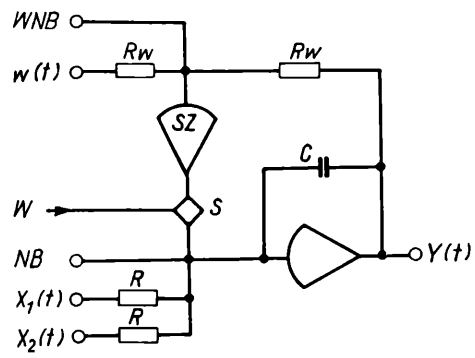
typisierten Leiterplatte vier Dioden-Quadratbildner, die die quadratische Funktion in einem Quadranten durch zehn lineare Abschnitte mit festen Knickpunkten annähern, wobei ihre Temperaturabhängigkeit mittels Thermistoren kompensiert wird. In Verbindung mit dem Rechenverstärker D/ZZN 4 ermöglicht der Quadrator D/ZNP-1, einen Multiplikator zu realisieren, der bei einer Bandbreite von 100 kHz eine Genauigkeit besser als $\pm 0{,}35\%$ aufweist. In der Implizitschaltung ist er auch zur Division anwendbar.

Typische unstetige Nichtlinearitäten werden mittels den 20 freien Diodeneinheiten modelliert, die in der Garnitur des Rechners mitgeliefert werden.

Hybride Rechenelemente ermöglichen, die analoge Darstellung von Maschinenvariablen in digitale Form und umgekehrt zu wandeln. Zu diesen wichtigen Rechenelementen gehören Komparatoren, elektronische Schalter und logisch gesteuerte Integratoren. Der Komparator wandelt Analogsignale in binäre Form um, indem er zwei Analogspannungen vergleicht und feststellt, ob deren algebraische Summe größer oder kleiner als Null bzw. als ein Schwellwert ist. Der Komparator des Rechners MEDA 41 TC ist mit einem Ausgangs-NAND-Glied versehen, das den Komparator mit einem Blockierungssignal zu steuern ermöglicht. Konstruktiv sind vier Komparatoren auf einer Leiterplatte D/MK angebracht, wobei zwei solche Leiterplatten im Logikpaneel LP-1 eingebaut sind. Der elektronische Schalter ersetzt den Schaltkontakt eines Relais und ermöglicht, gemäß dem logischen Steuersignal den Übertragungsweg des analogen Signals zu schließen oder zu unterbrechen. Die im MEDA 41 TC vorhandenen acht elektronischen Schalter sind völlig transistorisiert und durch eine Mindestgeschwindigkeit von 0,1 ms bei einem maximalen Fehler von $\pm 0{,}2\%$ charakterisiert. Konstruktiv sind vier elektronische Schalter auf einer Leiterplatte D/JS aufgebaut, wobei im Logikpaneel LP-1 zwei solche Platten untergebracht sind.

Der logisch gesteuerte Integrator stellt das wichtigste Hybridrechenelement des MEDA 41 TC dar. Nach Wahl des Programmierers können seine Arbeitsregime entweder elektronisch oder mittels Relais gesteuert werden. Für schnelle iterative Berechnungen wird die elektronische Steuerung (Bild 2) angewandt. Dabei ist der Eingang $w(t)$ des Kreises für die Anfangswerteübernahme mit dem Nullpunkt *NB* des Rechenverstärkers über den Schaltverstärker *SZ* und den elektronischen Schalter *S* verbunden, der mittels des logischen Signals *W* gesteuert wird. Wegen des geringen Ausgangswiderstandes des Schaltverstärkers arbeitet der Integrator bei geschlossenem Schalter *S* als Inverter mit sehr kleiner Zeitverzögerung, und beim Wechseln der Arbeitsregime „ANFANGSWERTÜBERNAHME – INTEGRATION" ist es nicht nötig, seinen Integrationseingang abzutrennen. Die Übergangszeit vom Regime „SPEICHER" ins Regime „VERFOLGUNG" hängt von der Integrationskapazität ab und beträgt bei $C = 0{,}01\,\mu F$ etwa 0,05 ms, bei $C = 0{,}1\,\mu F$ etwa 0,2 ms und bei $C = 1\,\mu F$ etwa 1 ms.

Jeweils ein logisch gesteuerter Integrator ist einschließlich des Schaltverstärkers, der erforderlichen Steuerkreise, Rechenimpedanzen und Widerstände für die Anfangswerteübernahme sowie der Relais für die Realisierung der Hilfsbetriebszustände „PROGRAMMIERUNG" und „STATISCHE KONTROLLE" in einer Rechenmoduleinheit TZP-6 eingebaut. Auf dem Vorderpaneel der Moduleinheit sind zwei Glimmlampen für individuelle Übersteuerungsanzeige beider Rechenverstärker sowie 32 Buchsen angebracht. An die Buchsen sind die Ein- und Ausgänge des Integrators und



Logisches Signal W	Integrationseingänge $X_1(t)$, $X_2(t)$	Arbeitsregime
0	abgeschaltet	Speicherung
1		Verfolgung
0	zugeschaltet	Integration
1		Anfangswerteübernahme

Bild 2. Elektronische Steuerung der Integratoren

des freien Rechenverstärkers, Null- und Kontrollpunkte beider Verstärker, der Ausgang des Schaltverstärkers, der Eingang der Anfangswerteübernahme, drei Integrationskapazitäten, die Rechenspannung, Rechenerde usw. herausgeführt. Die gewünschte Integrationskapazität wird durch Kurzschließen geeigneter Buchsen gewählt.

Für die Zusammensetzung logischer Netzwerke, die eine Automatisierung des Rechenablaufs ermöglichen, ist der MEDA 41 TC mit zahlreichen programmierbaren logischen und digitalen Rechenelementen ausgestattet, wofür die monolithisch integrierten Halbleiterschaltungen TESLA angewandt werden, die große Zuverläßlichkeit, hohe Arbeitsgeschwindigkeit sowie extrem kleine Abmessungen aufweisen. Die Rechenelemente arbeiten in der synchronen positiven Logik, wobei der logischen „1" der Wert von etwa +5 V und der logischen „0" der Wert von etwa 0 V zugeordnet sind. Konstruktiv sind sie auf typisierten Leiterplatten mit Steckerleisten im Logikpaneel LP-1 angebracht.

An die Buchsen des Verbindungsfeldes sind folgende frei anwendbare logische und digitale Rechenelemente herausgeführt: 14 NAND-Glieder mit je 2 Eingängen und 6 mit je 4 Eingängen; 4 NOR-Glieder mit je 2 Eingängen und 4 mit je 4 Eingängen; 12 JK-Master-Slave Flip-Flops, 11 Delay-Flip-Flops; 4 synchrone monostabile Glieder oder logische Derivatoren, die den Übergang von asynchronen zu synchronen logischen Signalen ermöglichen; 2 logische Verzögerungsglieder mit einer Zeitverzögerung von etwa 1 ms; 3 mit Tasten vom Steuerpaneel OPC gesteuerte Flip-Flops für Handeingriffe in den automatischen Rechenablauf.

Die synchrone Steuerung der logischen und digitalen Rechenoperationen wird von einem zentralen digitalen Taktgeber gesichert, der aus einem 1-MHz-Kristalloszillator und einem Impulsformer besteht. Mittels eines mehrstufigen dekadischen Zählers ist es möglich, die Taktimpulse mit Frequenzen von 1 MHz, 100 kHz usw. bis 0,01 Hz in Stufen um jeweils den Faktor 10 direkt zu gewinnen. Die Taktimpulse

der gewählten Frequenz können entweder von einzelnen, auf die Buchsen des Verbindungsfeldes herausgeführten Ausgängen des Taktgebers oder von den Buchsen der Taktverteilung abgenommen werden. In der Taktverteilung, an die einige digitale Rechenelemente dauernd angeschlossen sind, stehen die Taktimpulse nur zur Verfügung, wenn der Rechner im Betriebszustand ist. Für Kontrollzwecke können die Taktimpulse mittels einer Handtaste auf dem Steuerpaneel OPC erzeugt werden.

Die automatische Steuerung der iterativen Berechnungen ermöglichen vier Zeitgeber oder Generatoren der zeitlichen, iterativen Steuersignale, die entweder selbständig oder in Serie mit einstellbarer Länge des Zeitintervalls von 1 µs bis zu 900 s arbeiten. Ihre Basis bilden synchrone dekadische Rückwärtszähler mit Digitron-Anzeige der Voreinstellung, die von Taktimpulsen der gewählten Frequenz gesteuert werden. Komplementäre Ausgänge der Zeitgeber sind an Buchsen des Verbindungsfeldes des Logikpaneels LP-1 herausgeführt. Im Rechner MEDA 41 TC sind weiterhin vier universale Vorwärtszähler eingebaut, die in einer Dekade mit Digitron-Anzeige arbeiten und entweder selbständig oder in Serie angewandt werden können. Sie werden mit dem Signal der logischen Null voreingestellt und von zentraler Taste genullt. Die Zeitgeber sowie universale Zähler sind in vier Zählereinheiten ČT-1 im linken Teil des Steuerpaneels OPC untergebracht.

Zur Steuerung des Rechenablaufs und aller Hilfsfunktionen des iterativen Analogrechners MEDA 41 TC sind auf dem Steuerpaneel OPC elf Leuchtdrucktasten angebracht. Mit dem Drucktastensystem können folgende Betriebszustände des Rechners gewählt werden:

Programmierung — Alle Integratoren sind in die Funktion der Summatoren mit kleinem Übertragungskoeffizient umgeschaltet, wobei der Rechner für die Eingabe des Rechenprogramms sowie für die Einstellung bzw. die Messung von Koeffizienten der Rechenpotentiometer an den Buchsen des Verbindungsfeldes vorbereitet ist.

Statische Kontrolle — Alle Integratoren sind in die Funktion der Summatoren mit kleinem Übertragungskoefffizient umgeschaltet, wobei der Rechner der Kontrolle der Eingangskreise von Rechenverstärkern, der Kontrolle des eingegebenen Programms usw. vorbehalten ist.

Vorbereitung der Berechnung — Hier werden alle Zähler und Flip-Flops genullt und für die Berechnung vorbereitet sowie die Anfangswerte von Hand an einzelnen Integratoren eingegeben.

Berechnung — Die Taktimpulse der gewählten Frequenz werden in die Taktverteilung geschaltet und die Zeitgeber gestartet, womit der Rechner das eingegebene Problem automatisch zu lösen fähig ist.

Halt der Berechnung — Die Berechnung wird nach Beendigung des eingestellten Zeitintervalls gestoppt. Nur wenn gleichzeitig auch die Drucktaste „Bedingter Haltbefehl" gedrückt ist, wird die Berechnung augenblicklich gestoppt.

Die Arbeitsregime der Integratoren werden von synchronen oder asynchronen iterativen Steuersignalen gesteuert. Jeder gesteuerte Integrator kann mit Rücksicht auf seine Schaltung und die beigelegten Steuersignale folgende Rechenelemente darstellen:

- einen direkten und inversen repetierenden Integrator, der die Arbeitsregime „Anfangswertübernahme — Lösung — Halt" wechselt
- einen direkten und inversen Haltintegrator, der die Arbeitsregime „Integration — Speicherung" wechselt
- einen direkten und inversen Speicherintegrator, der die Arbeitsregime „Verfolgung — Speicherung" wechselt.

Bei Zusammenarbeit mit den Analogrechnern MEDA 21 TS, MEDA 41 TA und MEDA 81 T ist es möglich, von diesen Rechnern mittels geeigneter Steuersignale die Betriebszustände „Vorbereitung der Berechnung — Berechnung — Halt der Berechnung" des Iterativrechners MEDA 41 TC zu wählen. Andererseits ist es möglich, vom Rechner MEDA 41 TC mittels an die Buchsen des Verbindungsfeldes eingegebener logischer Signale den angeschlossenen Analogrechner MEDA-T zu steuern, und zwar seine Betriebszustände „Vorbereitung — Lösung — Halt" zu wählen bzw. dessen Relais für gewählte Paare von Integratoren oder für gewählte Vierer von Integratoren zu bestätigen.

Die universal programmierbare digitale Logik und die steuerbaren Analogrechenelemente des iterativ arbeitenden Analogrechners MEDA 41 TC ermöglichen, zahlreiche iterative und hybride Probleme zu lösen, z. B. die Lösung von Optimierungs- und Randwertaufgaben, sowie von algebraischen, transzendenten und partiellen Differentialgleichungen, die Untersuchung von Frequenzgängen verschiedener Systeme, harmonische Analyse und Synthese, lineare Interpolation und Extrapolation usw. Einfachere Probleme kann der Iterativrechner MEDA 41 TC selbständig lösen. Dagegen werden komplizierte und umfangreiche Probleme mittels einer Rechenanlage gelöst, die aus dem Rechner MEDA 41 TC und anderen Rechnern der Baukastenreihe MEDA-T einfach zusammengesetzt wird.

Die Herstellung des iterativen Analogrechners MEDA 41 TC wurde bei der Fa. Aritma, Prag, bereits aufgenommen.

msr 3398

Anschrift des Verfassers:

K. Kabeš, Dipl.-Ing., Prag 5, Lidická 19.

Wir liefern Ihnen im II. Quartal 1971,
bei sofortiger Bestellung:

Temperaturregel-Anlagen
für Bäder, Boiler, Gegenstromapparate und Raumbeheizung sowie

Membran-Ventile
aus Grauguß und Stahlguß und

Reduzierventile
ND 16 und ND 40, membrangesteuert durch Wasser- oder Luftdruck 1,5—3 kp/cm².

Herbert Ludwig Krüger KG
806 Dresden — Postfach 305
Martin-Luther-Straße 13
Telefon: 51217

FTW Fototechnische Werkstätten

Wir fertigen für Sie:

Sämtliche Arten von Sach- und Industrieaufnahmen, sowie gestaltete Werbeaufnahmen in Schwarz/Weiß und Farbe • Reproduktionen von allen Vorlagen bis zum Format A 0 • Schwarz/Weiß-Vergrößerungen bis zum mehrteiligen Großflächenfoto auf Papier und Film • Fotokopien und Lichtpausen (Klein- und Großserien).

PGH Fototechnische Werkstätten
1034 Berlin, Warschauer Straße 13
Telefon: 5894255

R. PEIPMANN

Numerische Klassifikationsverfahren

IA 2.5.2; 2.5.5

Einleitung[1])

Ein wichtiges Teilgebiet der Automatisierung geistiger Prozesse ist die Objekterkennung. Eine ihrer Grundaufgaben besteht in der Klassifikation eines numerisch, d. h. durch Meßdaten erfaßten Objektes in eine von mehreren Klassen. Sie findet zahlreiche praktische Anwendungen z. B. in der Zeichenerkennung (Schriftzeichen, akustische Zeichen, Signale im Rauschen), in der Bildverarbeitung, bei der Analyse medizinischer Daten oder in der Regelungstechnik [1].

In der Literatur wurde hierzu eine Fülle verschiedener numerischer Klassifikationsverfahren beschrieben. Die wichtigsten von ihnen werden im folgenden in einer Übersicht zusammengestellt, um eine Auswahl bei der Bearbeitung konkreter Probleme zu erleichtern.

1. Einteilung der Klassifikationsverfahren

Bei den numerischen Klassifikationsverfahren wird das zu erkennende Objekt als ein Meßwertvektor $\boldsymbol{x} = (x_1, \ldots, x_n)'$ im n-dimensionalen Vektorraum dargestellt. ($\boldsymbol{x}'$: transponierter Vektor).

Die Art der n Merkmalskomponenten ist so zu wählen, daß für die Objektklassen C_i, $i = 1 \ldots m$, möglichst disjunkte Bereiche im Vektorraum entstehen und möglichst wenige, kennzeichnende Komponenten nötig sind. Diese Aufgabe wird im konkreten Fall meist intuitiv gelöst. In den folgenden Verfahren werden die Merkmale als gegeben angenommen.

Um unbekannte Objekte klassifizieren zu können, entwirft man entweder m Unterscheidungsfunktionen $g_i(\boldsymbol{x})$ so, daß

$$g_k(\boldsymbol{x}) > g_i(\boldsymbol{x}), \quad i = 1 \ldots m, \quad i \neq k, \quad \text{falls } \boldsymbol{x} \in C_k, \tag{1}$$

oder man konstruiert Trennflächen zwischen den Klassenbereichen des Vektorraumes, wobei die Trennfläche zwischen C_i und C_j durch

$$g_i(\boldsymbol{x}) = g_j(\boldsymbol{x}) \tag{2}$$

gegeben ist.

Für die Ableitung von Unterscheidungsfunktionen verwendet man vor allem

1. Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Objekte im Vektorraum, oder
2. formale Ansätze, z. B. Potenzreihen, oder
3. Abstandsfunktionen zu Klassenrepräsentanten oder Nachbarobjekten.

Sind für den Entwurf des Klassifikators z. B. Wahrscheinlichkeitsverteilungen oder Repräsentanten der Objektmenge gegeben, so können Unterscheidungsfunktionen oder Trennflächen analytisch bestimmt werden. Das ist praktisch meist nicht der Fall, vielmehr sind die Dimensionierungsunterlagen einer Stichprobe (Trainingsmenge) zu entnehmen, die möglichst repräsentativ für die Gesamtheit der Objekte sein soll. In bestimmten Fällen kann diese Forderung zu recht erheblichen Stichprobenumfängen (Größenordnung 10^4) führen. Werden für den Entwurf des Klassifikators die Stichprobenexemplare gleichzeitig benötigt, so ist ein hoher Speicheraufwand erforderlich. Günstiger sind solche Verfahren, die die Stichprobenexemplare seriell verarbeiten. Hier ist ein ständiges Verbessern des Klassifikators mit dem Verfügbarwerden neuer Stichprobenexemplare möglich, man bezeichnet diese Verfahren daher als adaptiv.
Ist die Klassenzugehörigkeit der Stichprobenexemplare während des Klassifikatorentwurfs bekannt, spricht man bei serieller Abarbeitung von einem Lernen mit Belehrung. Liegt lediglich eine nichtklassifizierte Stichprobe vor, wird entweder eine Klasseneinteilung (Ballung) der Objektmenge auf Grund bestimmter Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen den Objekten gesucht, oder es sind bei bekannter Klassenstruktur Parameter der Unterscheidungsfunktionen durch selbstlernende Verfahren zu bestimmen.
Die genannten Funktionstypen zur Konstruktion der Unterscheidungsfunktionen sowie die Verfügbarkeit der Entwurfsstichprobe wurden als Kriterien für eine Einteilung bekannter Klassifikationsverfahren benutzt (Tafel 1, s, Teil II). In den folgenden Abschnitten sollen die einzelnen Verfahren etwas näher betrachtet werden.

2. Wahrscheinlichkeitstheoretische Verfahren

2.1. Leistungskriterien

Ausgangspunkt ist die Wahrscheinlichkeit für das gemeinsame Auftreten einer Klasse C_i (mit der a priori-Wahrscheinlichkeit P_i) und einer Messung $\boldsymbol{x}$. Da beide Ereignisse nicht statistisch unabhängig sind, gilt die Produktregel für bedingte Wahrscheinlichkeiten:

$$P(\boldsymbol{x}, C_i) = P(\boldsymbol{x}/C_i)\, P_i = P(C_i/\boldsymbol{x})\, P(\boldsymbol{x}) . \tag{3}$$

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von $\boldsymbol{x}$ ist nach der Entweder-Oder-Regel

$$P(\boldsymbol{x}) = \sum_{i=1}^{m} P(\boldsymbol{x}/C_i)\, P_i .$$

Daraus ergibt sich die Bayes-Formel

$$P(C_i/\boldsymbol{x}) = \frac{P(\boldsymbol{x}/C_i)}{\sum_{i=1}^{m} P(\boldsymbol{x}/C_i)\, P_i} \cdot P_i , \qquad i = 1 \ldots m . \tag{4}$$

Sie besagt, daß die a priori-Klassenwahrscheinlichkeit durch die Messung von $\boldsymbol{x}$ zu einer neuen Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von C_i aufgewertet wird. Gleichung (3) gilt auch mit den Wahrscheinlichkeitsdichten $f(\boldsymbol{x})$ und $f(\boldsymbol{x}/C_i)$ statt der entsprechenden Wahrscheinlichkeiten.

Um Unterscheidungsfunktionen mit dem Leistungskriterium „minimale Fehlerrate P_f (Fehlerwahrscheinlichkeit) des Klassifikators" abzuleiten, werden die Ausdrücke Richtig-

[1]) Mitteilung aus dem VEB Kombinat Robotron, Großforschungszentrum, Fachgebiet Grundlagenforschung.

erkennungsrate P_e und Rückweisungsrate P_r für den Klassifikator gebildet.

P_e ist die Wahrscheinlichkeit für das gleichzeitige Auftreten der Ereignisse „Messung von $\boldsymbol{x}$", „Vorliegen der Klasse C_i", „Fällen der richtigen Entscheidung d_i: $\boldsymbol{x} \in C_i$", wobei die Entscheidung mit einer Wahrscheinlichkeit $\delta(d_i/\boldsymbol{x})$ getroffen wird.

Das betrachtete Gesamtereignis kann für alle möglichen Werte von $\boldsymbol{x} \in X$ und alle möglichen Klassen C_i auftreten, über diese Größen ist also zu summieren. Das ergibt:

$$P_e = \int_X \sum_{i=1}^{m} \delta(d_i/\boldsymbol{x})\, P_i\, f(\boldsymbol{x}/C_i)\, \mathrm{d}\boldsymbol{x} \,. \tag{5}$$

Unsichere Objekte $\boldsymbol{x}$, die in der Nähe der Klassengrenzen liegen, sollen durch die Maschine zurückgewiesen werden können. Das vermindert die Gefahr von Falscherkennungen (Substitutionsfehlern). Dazu wird bei einem willkürlich gewählten Bruchteil λ der unsicheren Objekte die Entscheidung d_0: Rückweisung mit der Wahrscheinlichkeit $\delta(d_0/\boldsymbol{x})$ gefällt. Es ergibt sich also für die Rückweisungsrate

$$P_r = \int_X \delta(d_0/\boldsymbol{x})\, \lambda \sum_{i=1}^{m} P_i\, f(\boldsymbol{x}/C_i)\, \mathrm{d}\boldsymbol{x} \,, \quad 0 \leqq \lambda \leqq 1 \,. \tag{6}$$

Die zu minimierende Fehlerrate ist dann

$$P_f = 1 - P_e - P_r \,. \tag{7}$$

Da eine der Entscheidungen „Rückweisung" oder „Zuweisung zu einer von m Klassen" gefällt werden muß, gilt die Nebenbedingung

$$\sum_{j=0}^{m} \delta(d_j/\boldsymbol{x}) = 1 \,.$$

Das Minimum von Gl. (7) erhält man, wenn man die mit dem größten Faktor versehene Entscheidungswahrscheinlichkeit $\delta(d_j/\boldsymbol{x})$ in Gl. (5) oder Gl. (6) zu 1 und die restlichen zu 0 wählt. Das führt zu folgender Entscheidungsregel für minimale Fehlerrate:

Wähle C_k, falls

$$P_k\, f(\boldsymbol{x}/C_k) > P_j\, f(\boldsymbol{x}/C_j) \,, \qquad j = 1 \ldots m \,,$$
$$j \neq k \,, \quad k \neq 0$$

und

$$P_k\, f(\boldsymbol{x}/C_k) \geq \lambda \sum_{i=1}^{m} P_i\, f(\boldsymbol{x}/C_i) \,. \tag{8}$$

Weise zurück, falls

$$P_j\, f(\boldsymbol{x}/C_j) < \lambda \sum_{i=1}^{m} P_i\, f(\boldsymbol{x}/C_i) \,, \qquad j = 1 \ldots m \,.$$

Durch eine Umformung mittels Gl. (3) ergibt sich die Formulierung

Wähle C_k, falls

$$P(C_k/\boldsymbol{x}) > P(C_j/\boldsymbol{x}) \,, \quad j = 1 \ldots m \,, \quad j \neq k, \; k \neq 0$$

und $P(C_k/\boldsymbol{x}) \geq \lambda$.

Entschieden wird also nach der größten Klassenwahrscheinlichkeit, wobei der wählbare Parameter λ einen Mindestwert dafür festlegt.

Bei der Verwendung der Bayes-Strategie als Leistungskriterium dienen Fehlerrate und Rückweisungsrate gemeinsam zur Minimierung des mittleren Verlusts der Klassifikation. Dazu werden Verlustziffern l_{ij} für den Fall gewählt, daß das Objekt zu Klasse C_i gehört, aber fälschlich durch die Entscheidung d_j der Klasse C_j zugewiesen wird. Den Erwartungswert des Verlustes bezüglich aller möglichen Klassen und aller möglichen Entscheidungen nennt man den mittleren Verlust:

$$L(\delta) = \int_X \sum_{j=0}^{m} \sum_{i=1}^{m} l_{ij}\, P_i\, f(\boldsymbol{x}/C_i)\, \delta(d_j/\boldsymbol{x})\, \mathrm{d}\boldsymbol{x} \,, \tag{9}$$
$$\sum_{j=0}^{m} \delta(d_j/\boldsymbol{x}) = 1 \,.$$

Analog zum Vorgehen beim Kriterium minimaler Fehlerrate erhält man auch hier das Minimum von L, indem in der Summenreihe der Entscheidungsausdrücke δ derjenige mit kleinstem Koeffizienten zu 1, die anderen zu 0 gewählt werden. Daraus ergibt sich folgende Entscheidungsregel für minimalen mittleren Verlust:

Bestimme den Index $j = k$ mit $\min_j \sum_{i=1}^{m} P_i\, l_{ij}\, f(\boldsymbol{x}/C_i)$,
wähle C_k, falls $1 \leq k \leq m$, (10)
weise zurück, falls $k = 0$.

Bei der Minimierung des Verlustes ist die Rückweisungsrate nicht mehr frei wählbar. Bei konstanten Verlustwerten $l_{ij} = l \; (i \neq j)$, $l_{i0} = l_0$, $l_{ii} = 0$ muß

$$\lambda = \frac{l - l_0}{l}$$

gewählt werden. Das führt zum gleichzeitigen Minimum des Verlustes und der Fehlerrate [3].

Die Verwendung der Unterscheidungsfunktionen

$$g_i(\boldsymbol{x}) = P_i\, f(\boldsymbol{x}/C_i) \tag{11}$$

in Gl. (8) oder Gl. (10) führt auf folgende Schwierigkeiten:

- Die Form der Dichtefunktionen $f(\boldsymbol{x}/C_i)$ ist nicht bekannt, oder
- die Dichtefunktionen sind aus Aufwandsgründen nicht speicherbar.

Praktische Erkennungsverfahren konzentrieren sich daher vor allem auf die Vereinfachung von Gl. (11).

(Teil II folgt)

Literatur

[1] *Nagy, G.:* State of the Art in Pattern Recognition. Proc. IEEE **56** (1968) H. 5, S. 836–862.

[2] *Chow, C. K.:* An Optimum Character Recognition System Using Decision Functions. IRE Trans. Electr. Comp. **EC-6** (1957) H. 6, S. 247–254.

[3] *Chow, C. K.:* On Optimum Recognition Error and Reject Tradeoff. IEEE Trans. on Inf. Th., **IT-16** (1970) H. 1, S. 41–46.

[4] *Nilsson, N. J.:* Learning Machines. New York: Mc Graw-Hill 1965.

[5] *Chow, C. K.:* A Class of Nonlinear Recognition Procedures. IEEE Int. Conv. Record (1966) S. 40–50.

[6] *Specht, D. F.:* Generation of Polynomial Discriminant Functions for Pattern Recognition. IEEE Trans. on El. Comp., **EC-16** (1967) H. 3, S. 308–319.

[7] *Blaydon, C. C.:* Approximation of Distribution and Density Functions. Proc. IEEE **55** (1967) H. 2, S. 231/232.

[8] *Laski, J.:* On the Probability Density Estimation. Proc. IEEE **56** (1968) H. 5, S. 866/867.

[9] *Fralick, S. C.:* Learning to recognize Patterns without a Teacher. IEEE Trans. on Inf. Th., **IT-13** (1967) H. 1, S. 57–64.

[10] *Patrick, E. A.,* and *I. C. Hancock:* Nonsupervised Sequential Classification and Recognition of Patterns. IEEE Trans. on Inf. Th., **IT-12** (1966) H. 3, S. 362–372.

[11] *Hilborn, C. G.,* and *D. G. Lainiotis:* Optimal unsupervised Learning Multicategory dependent Hypotheses Pattern Recognition. IEEE Trans. on Inf. Th., **IT-14** (1968) H. 3, S. 468–470.

[12] *Hilborn, C. G.,* and *D. G. Lainiotis:* Unsupervised Learning Minimum Risk Pattern Classification for Dependent Hypotheses and Dependent Measurements. IEEE Trans. on Syste. Scie. and Cyb. (1969) H. 2, S. 109–115.

[13] *Patterson, J. O.* et al.: A Mean-square Performance Criterion for Adaptive Pattern Classification Systems. IEEE Trans. on Aut. Contr. (1967) H. 2, S. 195–197.

[14] *Koford, J. S.*, and *G. F. Groner:* The Use of an Adaptive Threshold Element to Design a Linear Optimal Pattern Classifier. IEEE Trans. on Inf. Th., **IT-12** (1966) H. 1, S. 42–50.
[15] *Yau, S. S.*, and *P. C. Chuang:* Statistical Properties of Linear Multi-Category Pattern Classifiers, based on the Least-mean-square Error Criterion. IEEE Trans. on Inf. Th., **IT-14** (1968) H. 5, S. 778 bis 780.
[16] *Chaplin, W. G.*, and *V. S. Levadi:* A Generalization of the Linear Threshold Decision Algorithm to multiple Classes. In Corp. and Inf. Sciences Bd. 2, New York-London: Academie Press 1967.
[17] *Pitt, I. M.*, and *B. F. Womack:* A Sequentialization of the Patterson-Classifier. Proc. IEEE, **54** (1966) H. 12, S. 1987/1988.
[18] *Wagner, T. J.* et al.: A Comparison between Pattern Classification Approaches. IEEE Trans. on Inf. Th., **IT-13** (1967) H. 5, S. 611 bis 613.
[19] *Tou, J. T.:* Advances in Information System Sciences, Bd. 1 u. 2. New York-London: Plenum Press 1969.
[20] *Mendel, J. M.*, and *K. S. Fu:* Adaptive, Learning and Pattern Recognition Systems. New York-London: Academic-Press 1970.
[21] *Aizermann, M. A.* et al.: The Robbins-Monroe-Prozeß and the Method of Potential Functions. Automatika i Telemekhanika **26** (1965) H. 11, S. 1951–1954.
[22] *Yau, S. S.*, and *J. M. Schumpert:* Design of Pattern Classifiers with the Updating Properly Using Stochastic Approximation Techniques. IEEE Trans. on Comp., **C-17** (1968) H. 9, S. 861–872.
[23] *Aizermann, M. A., E. M. Braverman* and *L. I. Rozonoer:* The method of Potential Functions in the Problem of Defining the Characteristic of a Function Generator from Randomly Observed Points. Avtomatika i Telemekhanika **25** (1964) H. 12, S. 1705–2213.
[24] *Blaydon, C.*, and *Y. Ho:* On the Abstraction Problem in Pettern Classification. Proc. Nat. Electronics Conference. H. 22 (1966) S. 857–862.
[25] *Fu, K. S.:* On Learning Techniques in Engineering Cybernetic Systems. Cybernetika (Namur) **10** (1967) H. 3, S. 194–213.
[26] *Braverman, E. M.*, and *E. S. Pyatnitskii:* Estimation of the Rate of Convergence of Algorithmus based on the Potential Functions Method, Avtomatika i Telemekhanika **27** (1966) H. 1, S. 80–100.
[27] *Meisel, W. S.:* Potential Functions in Mathematical Pattern Recognition. IEEE Trans on Comp., **C-18** (1969) H. 10, S. 911–918.
[28] *Lewis, P. M.:* A Lower Bound on the Number of Corrections Required for Convergence of the Single Threshold Gate Adaptive Procedure. IEEE Trans. on El. Comp., **EC-15** (1966) H. 6, S. 933 bis 935.
[29] *Greenberg, H. J.*, and *A. G. Konheim:* Linear and Nonlincae Methods in Pattern Classification. IBM Journ. (1964) H. 7, S. 299–307.
[30] *Duda, R. O.*, and *H. Fossum:* Pattern Classification by Iteratively Determined Linear and Piecewise Linear Discriminant Functions. IEEE Trans. on El. Comp., **EC-15** (1966) H. 2, S. 220–232.
[31] *Wee, W. G.*, and *K. S. Fu:* An Adaptive Procedure for Multiclass Patterns Classification. IEEE Trans on El. Comp., **EC-17** (1968) H. 2, S. 178–182.
[32] *Glucksman, H.:* On the Improvement of a linear Separation by Extending the Adaptive Process with a Stricter Criterion. IEEE Trans. on El. Comp., EC-15 (1966) H. 6, S. 941.
[33] *Babu, Deekshatulu:* An Algorithm for the Improvement of linear Separation. Int. J. Control, 10,)1969) H. 2, S. 209–219.
[34] *Smith, F. S.:* Pattern Classifier Design by linear Programming. IEEE Trans. on Comp., **C-17** (1968) H. 4, S. 367–372.
[35] *Cadzow, J. A.:* Synthesis of Nonlinear Decision Boundaries by Cascaded Threshold Gates. IEEE Trans. on Comp., **C-17** (1968) H. 12, S. 1165–1172.
[36] *Mangasarian, O. L.:* Multisurface Method of Pattern Separation. IEEE Trans. on Inf. Th., **IT-14** (1968) H. 6, S. 801–807.
[37] *Mucciardi, A. N.*, and *E. E. Gose:* Evolutionary Pattern Recognition in Incomplete Nonlinear Multithreshold Networks, IEEE Trans. on Comp., **EC-15** (1966) H. 2, S. 257–261.
[38] *Ide, E. R.*, and *C. J. Tunis:* An Experimental Investigation of a Nonsupervised Adaptive Algorithm. IEEE Trans. on E. Comp., **EC-16** (1967) H. 6, S. 860–864.
[39] *Hennis, R. B.:* The IBM 1975 Optical Page Reader. IBM Journ. of Res. and Dev. **12** (1968) H. 5, S. 346–371.
[40] *Sebestyen, G. S.:* Recognition of Membership in Classes. IRE Trans. on Inf. Th., **IT-7** (1961) H. 1, S. 44–50.
[41] *Sebstyen, G.:* Decision Making Processes in Pattern Recognition. New York: Macmillan, 1962.
[42] *Barus, C.:* A Scheme for Recognizing Patterns from an Unspecified Class. In Optical Character Recognition (Hrsg.: Fischer et al.), Washington: Spartan Books 1962.
[43] *Ball, G. H.:* Data Analysis in the Social Sciences: What About the Details? Proc. Fall Joint Comp. Conf. 1965, S. 533–559.
[44] *Cover, T. M.*, and *R. E. Hart:* Nearest Neighbor Pattern Classification. IRE Trans. on Inf. Th., **IT-13** (1967) H. 1, S. 21–27.
[45] *Hart, P. E.:* The Condensed Nearest Neighbor Rule. IEEE Trans. on Inf.-Th., **IT-14** (1968) H. 3, S. 515–516.
[46] *Peterson, D. W.:* Some Convergence Properties of a Nearest Neighbor Decision Rule. IEEE Trans. on Inf., Th., **IT-16** (19790) H. 1, S. 26 bis 31.
[47] *Nagy, G.*, and *G. L. Shelton:* Self-Corrective Character Recognition System. IEEE Trans. on Inf. Th., **IT-12** (1966) H. 2, S. 215–222.
[48] *Ho, Y. C.*, and *A. K. Agralawa:* On the Self-Learning Scheme of Nagy and Shelton. Proc. IEEE **55** (1967) H. 10, S. 1764–1765.
[49] *Nagy, G.*, and *N. Tuong:* On a Theoretical Pattern Recognition Model of Ho and Agralawa. Proc. IEEE **56** (1968) H. 6, S. 1108 und 1109.
[50] *Jardine, N.*, and *R. Sibson:* The Construction of Hierarchic and Non-hierarchic Classifications. The Comp. Journ. **11** (1968) H. 2, S. 177–184.
[51] *Ruspini, E. H.:* A New Approach to Clustering. Inf. and Contr. **15** (1969) S. 22–32.
[52] *Lance, G. N.*, and *W. T. Williams:* Note on a New Information-Statistic Classificatory Program. The Comp. Journ. **11** (1968) H. 2, S. 195.
[53] *Rosenfeld, A.* et al.: An Application of Cluster Detection to Text and Picture Processing. IEEE Trans. on Inf. Th., **IT-15** (1969) H. 6, S. 672–681.

msr 3559

Anschrift des Verfassers:

R. Peipmann, Dr. rer. nat., 801 Dresden, Ho-Chi-Minh-Str. 9b.

messen · steuern · regeln

Herausgeber: Kammer der Technik

VEB Verlag Technik Berlin. Verlagsleiter: Dipl. oec. *H. Sandig*

Redaktion: *H. Weichardt*, Verantwortlicher Redakteur

Anschrift der Redaktion: VEB Verlag Technik, 102 Berlin, Oranienburger Straße 13/14, Fernspr.: 42 05 91, Telegrammadresse: Technikverlag Berlin. Telex: Berlin 0112228 techn dd

Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichen Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig. Erfüllungsort und Gerichtsstand Berlin-Mitte. Die Zeitschrift messen-steuern-regeln erscheint monatlich. Bezugspreis je Heft 4,– M.

Bestellungen nehmen alle Postämter und Buchhandlungen in der Deutschen Demokratischen Republik, der deutschen Bundesrepublik und Westberlin, die Beauftragten der Zeitschriftenwerbung des Postzeitungsvertriebes sowie der Verlag entgegen.

Anzeigenannahme: DEWAG-WERBUNG BERLIN, 102 Berlin, Rosenthaler Straße 28–31, und alle DEWAG-Zweigstellen. Anzeigenpreisliste Nr. 1. Auslandsanzeigen: INTERWERBUNG, 104 Berlin, Tucholskystr. 40, Anzeigenpreisliste Nr. 2.

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer", 582 Bad Langensalza.

Veröffentlicht unter der Lizenz-Nr. 1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrats der Deutschen Demokratischen Republik

Umschlag und drei Textseiten — eingetragene Schutzmarke des Warenzeichenverbandes Regelungstechnik e. V., Berlin

Bestellungen nehmen entgegen

Deutsche Demokratische Republik: Sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel, die Beauftragten der Zeitschriftenwerbung des Postzeitungsvertriebes und der Verlag

Deutsche Bundesrepublik: Sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag. Auslieferung über KAWE-Kommissionsbuchhandlung, 1 Berlin 12, Hardenbergplatz 13

Westberlin: wie unter deutsche Bundesrepublik

Volksrepublik Albanien: Ndermarja Shteterore e Tregetimit te Librit, Tirana, Rruga Konference e Pezec

Volksrepublik Bulgarien: Direktion R. E. P., Sofia, 11a, Rue Paris

Volksrepublik China: Waiwen Shudian, Peking P. O. Box 88

Republik Kuba: Außenhandelsunternehmen Cubartimpex, La Habana, Lonja del comercio 4to. Piso

Sozialistiche Föderative Volksrepublik Jugoslawien: Jugoslowenska Knjiga, Beograd Terazija 27

Volksrepublik Polen: P. P. K. Ruch, Warszawa, Wronia 23

Sozialistische Republik Rumänien: Directia Generale a Postel si Difuzari-Presei, Palatul Administrativ C.F.R., Bukarest

Tschechoslowakische Sozialistische Republik: ARTIA-Außenhandelsunternehmen Ve směkách 30, Praha 2, dovoz tisku (obchodní skupina 13); Poštovní novinová službadovoz tlače, Leningradská ul. 14, Bratislava; Poštovní novinová služba – Praha 2, Vinohrady, Vinohradská 40 – dovez tisku

UdSSR: Die städtischen Abteilungen „Sojuspetschatj", Postämter und Bezirkspostst ellen

Ungarische Volksrepublik: Posta Központi Hirlapiroda, Budapest V, Jóseph Nader tér 1

Demokratische Republik Vietnam: XUNHASABA, Außenhandelsunternehmen, Hanoi/Vietnam, 32 Han Ba Trung

Für alle anderen Länder: VEB Verlag Technik, 102 Berlin, Oranienburger Str. 13/14

Annahmebedingungen

Die Redaktion der Zeitschrift knüpft an die Annahme von Aufsätzen die Bedingung, daß sie das unbeschränkte geistige Eigentum des angegebenen Verfassers sind und noch an keiner anderen Stelle des In- und Auslandes ganz oder teilweise oder in ähnlicher Form erschienen sind oder bis zur Veröffentlichung erscheinen werden und daß die Verfasser der Arbeiten bis zum Ablauf des ersten, dem Erscheinen folgenden vollen Kalenderjahres an keiner anderen Stelle veröffentlichen, ohne hierzu vorher die Zustimmung der Redaktion der Zeitschrift eingeholt zu haben. Mit der Annahme und Veröffentlichung des Manuskriptes geht das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder auf den Verlag über. Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme, u. a. von Heften der Zeitschrift, einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen. Ferner behält sich die Redaktion Änderungsvorschläge nach der Durcharbeitung der Aufsätze vor. Genehmigungspflichtige Beiträge müssen den Vermerk enthalten, daß beim Autor ein schriftliches Einverständnis des Betriebes bzw. des Instituts vorliegt.

Richtlinien für die Manuskriptgestaltung sind dem Heft 1 messen . steuern . regeln 1970 zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung dieser Gesichtspunkte garantiert eine sofortige Bearbeitung und verzögerungsfreie Veröffentlichung der Arbeit im msr- bzw. ap-Teil der Zeitschrift. Die Plazierung behält sich die Redaktion vor.

(Fortsetzung von Seite 403)

folgt ein umfangreiches Literaturverzeichnis, das dem interessierten Leser weiteres zielgerichtetes Studium erleichtert.

Das Buch entstand in Gemeinschaftsarbeit anerkannter Fachleute aus Lehre und Forschung. Es ist für Betriebs- und Projektierungsingenieure und besonders für Studenten ein wertvolles Hilfsmittel.

B 381 *M. Bender*

Praxis der ALGOL-Programmierung. Bd. 67 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. 2., durchgesehene Auflage. Von *I. O. Kerner*. Berlin: VEB Verlag Technik 1970. 100 Seiten, 20 Bilder, 20 Tafeln, 4,80 M.

Die starke Nachfrage nach der ersten Auflage beweist, welches Interesse den Programmiersprachen heute beigemessen wird. Die weitgehende Automatisierung des Reproduktionsprozesses wird an die elektronische Datenverarbeitung und damit zwangsläufig an die Programmierung Anforderungen von neuer Qualität stellen, die nur durch den Einsatz einer leistungsfähigen Programmiersprache gemeistert werden können. Von großer Bedeutung für den dynamischen Entwicklungsprozeß sind bereits die vorliegenden Grundkenntnisse über Programmiersprachen.

Der vorliegende Band vermittelt solche Grundkenntnisse in einer sinnvollen Kombination von Theorie und Praxis. In einem einführenden Kapitel wird die Programmiersprache ALGOL in gestraffter Form zusammenfassend dargestellt. Dabei wird ausführlich und in didaktisch einwandfreier Form auf die Grundlagen der ALGOL-Programmierung, die Vereinbarungen und Anweisungen eingegangen. Anschließend wird die Anwendung von ALGOL für den ZRA 1 behandelt. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn diese interessante Darstellung in einer weiteren Auflage auf den R 300 übertragen werden könnte und dieser Titel somit die Dynamik der Entwicklung widerspiegelt.

Im zweiten Teil wird die Praxis der ALGOL-Programmierung dem Charakter der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK in doppelter Hinsicht gerecht. Im Mittelpunkt der Anwendungsbeispiele stehen praktische Aufgaben aus der Regelungstechnik. Neben mathematischen Funktionen aus der Regelungstechnik werden Stabilitätsberechnungen, Einschwinguntersuchungen und Frequenzgangberechnungen behandelt. Aus der Statistik wurde die wichtigste Aufgabe der linearen Regression als Beispiel ausgewählt. Den Abschluß bildet die Methode PERT, die für die Planung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten eine wichtige Rolle spielt.

Das vorliegende Buch wird Praktikern wertvolle Hinweise geben und Studierenden wichtige Erkenntnisse vermitteln.

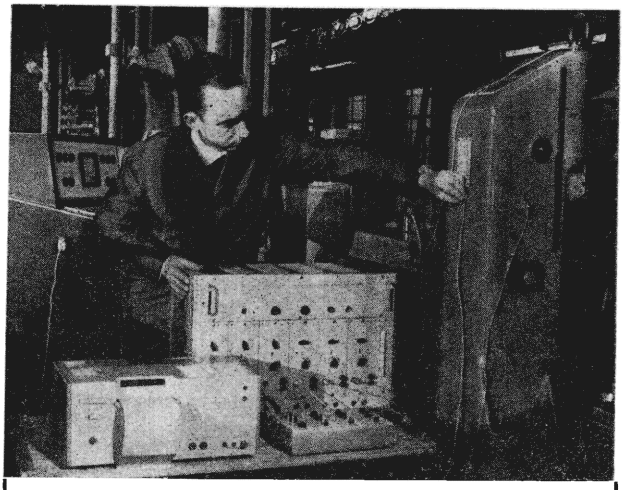
B 378 *A. Hirschleber*

Physik — Schwingungen und Wellen, Wärmelehre. 7., durchgesehene Auflage. Von *A. Recknagel*. Berlin: VEB Verlag Technik 1970. 328 Seiten, 239 Bilder, 7 Tafeln, 16,— M.

Der vorliegende Band ist seit über zehn Jahren in seinem Leserkreis, der sich vorwiegend aus Fach- und Hochschulstudenten zusammensetzt, als ein Standardwerk über die elementaren Grundlagen der mechanischen Schwingungen und Wellen sowie der Wärmelehre bekannt. Diese beiden Gebiete der klassischen Physik werden in zwei von einander unabhängigen Teilabschnitten in leicht verständlicher und anschaulicher Weise und unter Verwendung konventioneller mathematischer Hilfsmittel dargestellt: Anhand von historischen bzw. Standardversuchen — z. T. auch verbunden mit Hinweisen auf moderne Verfahren — wird in herkömmlicher Weise das notwendige Grundwissen vermittelt, wobei verschiedentlich Straffungen möglich wären. Die Kapitel schließen jeweils mit einigen Übungsaufgaben, deren Lösungen ausführlich in einem 40 Seiten umfassenden Anhang abgeleitet werden.

Die neue, jetzt erschienene Auflage unterscheidet sich von der vorhergehenden allein dadurch, daß die von der Internationalen Union für Reine und Angewandte Physik (IUPAP) empfohlenen Buchstabensymbole konsequent eingeführt worden sind.

B 380 *J. E. Müller*



Acht-Kanal-Lichtschreiber 8 LS-1 bei der Registrierung von Schwingungsvorgängen an der Biege- und Falzstation einer Taktstraße zur Herstellung von Blechdosen

Lichtstrahl-Oszillografen von RFT Zwönitz Unentbehrliche Registriergeräte für die Meßtechnik

Zwölf-Kanal-Lichtschreiber 12 LS-1

Tragbarer Lichtstrahloszillograf mit 12 Registrierkanälen für ortsveränderlichen Einsatz

2 Aufzeichnungsverfahren:
UV-Direktschrift und Naßentwicklungsverfahren

Batterie- und Netzbetrieb

Gleichzeitige Registrierung und Beobachtung der Kurven aller Meßgrößen auf einer Mattscheibe

8 Registrierpapier-Ablaufgeschwindigkeiten von 1,6 mm/s bis 4,5 m/s

Schreibgeschwindigkeiten bis 4000 m/s erreichbar.

Acht-Kanal-Lichtschreiber 8 LS-1

Direktschreibendes Registriergerät zur gleichzeitigen Aufzeichnung von acht Vorgängen

Kleine, handliche Ausführung

Keine Naßentwicklung, deshalb zeit- und kostensparend

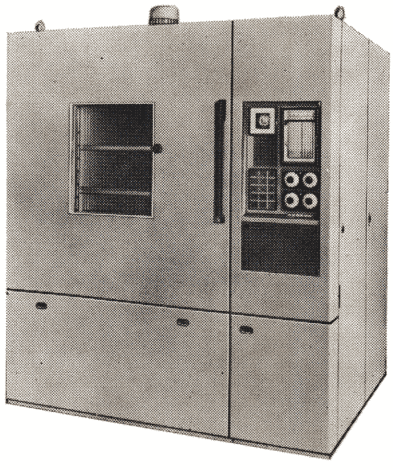
Erweiterter Anwendungsbereich mit Fernbedienungsteil, Umformer für 24 V-Batteriebetrieb, Anpassungssteller zur Einstellung des Dämpfungswiderstandes der Stiftgalvanometer

Schreibgeschwindigkeiten bis 2000 m/s erreichbar

Servicegerechte Konstruktion

RFT

KOMBINAT
VEB MESSGERÄTEWERK ZWÖNITZ



Mit vollautomatischer, elektronischer Steuerung und Regelung ● Zur Herstellung internationaler Standardklimate ● Untersuchungen an Materialien und Fertigwaren ● Klimaschutzprüfungen unter konstanten oder wechselnden klimatischen Bedingungen

t TEMPERATUR

φ RELATIVE FEUCHTE

T TAUPUNKTTEMPERATUR

KLIMAPRÜFSCHRÄNKE

für **INDUSTRIE** Temperaturbereich ab —40 · · · + 90 °C / Prüfraum 250 l
für **WISSENSCHAFT** Temperaturbereich ab —70 · · · + 90 °C / Prüfraum 250 und 500 l

Gewährleisten Sie volle Funktion und lange Lebensdauer Ihrer Exportgüter auch unter tropischen oder arktischen Klimabedingungen?

feutron

FEUTRON KG
-KLIMATECHNIK-
DDR 66 GREIZ

Telefon 710 Telex 0588526

Im Bauwesen, Fahrzeug-und Schiffsbau, Berg- und Hüttenwesen, in der Chemie, Textil-und Wägetechnik und in allen Bereichen, wo es darauf ankommt, schnell und zuverlässig mechanische Belastungen zu messen und zu überwachen, sind Druck-und Kraftmessungen notwendig.

Wir beraten Sie und liefern zur Lösung Ihrer Probleme auf dem Gebiet der Druck- und Kraftmeßtechnik:

elektro-mechanische Wandler für statische und dynamische Messungen (temperaturunabhängig)
dazugehörige Meßwerterfassungseinrichtungen

LABOR FÜR ELEKTROPHYSIK
PROF. DR. ING. MARTIN NIER 8054 DRESDEN (OBERLOSCHWITZ) KRÜGERSTRASSE 22

ursamat

Das universelle System für die optimale technische und wirtschaftliche Lösung
von Einzel- und Komplexaufgaben bei Automatisierungsvorhaben

ursamat Handbuch
das umfassende Nachschlagewerk für das System ursamat
VEB Verlag Technik, erhältlich im Fachbuchhandel

Institut für Regelungstechnik Berlin, 1055 Berlin, Storkower Straße 101
Fernruf: 530030

32525